Jorge Rojo Carrascosa

Nomenclatura QUÍMICA

I.- Inorgánica
II.- Orgánica

A HHS

Prólogo

La Química tiene entre uno de sus muchos objetivos, normalizar, estandarizar y dar coherencia a los descriptores de las múltiples sustancias químicas que existen en la naturaleza. De este modo, la **nomenclatura química**, se alimenta de las normas y directrices que marca la IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada) para asignar los nombres y fórmulas necesarias de los compuestos químicos con el fin de evitar ambigüedades y disputas científicas, industriales o comerciales.

En las recomendaciones publicadas en 2005 para la formulación química de compuestos inorgánicos, marcó como sistemas principales las nomenclaturas de composición (o estequiométrica), de sustitución y de adición. A grandes rasgos, esta publicación prohibió el uso de la nomenclatura de Stock en los compuestos binarios, en oxoácidos y oxosales. En cuanto a la nomenclatura tradicional, se acepta en ciertos compuestos como consecuencia de su carácter histórico.

Las nomenclaturas de composición, sustitución y de adición son sistemáticas, es decir, se construyen mediante unas reglas definidas que nos dan información de la composición y/o de la estructura del compuesto. Sin embargo, dado que el libro está indicado principalmente para alumnos de Bachillerato y educación secundaria, en la parte de química inorgánica utilizaremos la nomenclatura de composición puesto que es la más indicada para estos cursos en donde la estructura molecular es muy sencilla y por tanto, es más importante indicar las proporciones de los constituyentes. De ahí que observemos una mayor tendencia al uso del nombre estequiométrico a través de los prefijos multiplicadores, que indica la composición o proporción de sus constituyentes, o de los números de oxidación. Aún así, como se ha comentado anteriormente, debido fundamentalmente a un uso histórico, utilizaremos nombres no sistemáticos aceptados por la IUPAC en algún compuesto inorgánico.

Este libro, basado en las últimas propuestas y recomendaciones del *Libro Rojo*, [1], y el *Libro Azul*, [4], de la IUPAC para la nomenclatura inorgánica y orgánica respectivamente, pretende ser una guía en el estudio de ambos compuestos sin caer en ningún momento en un catálogo de fórmulas y nomenclaturas.

Nomenclatura Química para Bachillerato

Por tanto, para las **sustancias inorgánicas** tan sólo vamos a mostrar en todo momento dos de los tipos de nomenclatura permitidos. Así, para los **compuestos binarios** se acepta la nomenclatura de composición o estequiométrica, es decir, la que usa prefijos multiplicadores o aquella que expresa el número de oxidación con números romanos. Por ejemplo,

Cu_2O	óxido de dicobre	óxido de cobre(I)
CuH_2	dihidruro de cobre	hidruro de cobre(II)
$FeCl_3$	tricloruro de hierro	cloruro de hierro(III)
NO_2	dióxido de nitrógeno	óxido de nitrógeno(IV)

Y para los **compuestos ternarios o cuaternarios** utilizaremos la nomenclatura tradicional y la nomenclatura estequiométrica con nombre de hidrógeno, es decir

HBrO	ácido hipobromoso	hidrógeno(oxidobromato)
H_3PO_4	ácido fosfórico	trihidrógeno(tetraoxidofosfato)
$Ba(IO_3)_2$	yodato de bario	bis(trioxidoyodato) de bario
$KHCO_3$	hidrogenocarbonato de potasio	hidrogeno(trioxidocarbonato) de potasio

En cuanto a la nomenclatura de los **compuestos orgánicos**, aplicaremos la nomenclatura de sustitución, donde a partir del hidruro progenitor se sustituyen los átomos de hidrógeno por otros átomos. Asimismo, teniendo en cuenta las nuevas recomendaciones de la IUPAC de 2013, en esta publicación, se colocan los localizadores que marcan el o los grupos orgánicos principales después del prefijo del número de átomos de carbono que indican la longitud de la cadena. Es decir,

$$CH_2=CH-CH(CH_3)-C(=O)-CH_3$$

3-metilpent-4-en-2-ona

$$CH_2=CH-CH(CH_3)-C(=O)-CH_3$$

3-metil-4-penten-2-ona

Ambos nombres serían identificables para la molécula pero la IUPAC nos aconseja la primera opción, *3-metilpent-4-en-2-ona*, por ser más clara, concisa e identificable.

Jorge Rojo Carrascosa.
S.S. Reyes, Madrid.

Índice general

Parte I

NOMENCLATURA QUÍMICA INORGÁNICA

Capítulo 1

NÚMEROS O ESTADOS DE OXIDACIÓN

La energía en el universo se
mantiene constante, la entropía aumenta.

Rudolf Clausius.
Físico y Matemático.

Los átomos se unen entre sí mediante enlaces para formar moléculas o cristales. El **número de oxidación o estado de oxidación** de un elemento hace referencia al número de electrones ganados o perdidos al formar un compuesto, siendo negativo si gana electrones y positivo si los pierde. Así, por ejemplo, el hierro con estructura electrónica $[Ar]3d^6 4s^2$, en sus combinaciones con otros elementos, presenta como números de oxidación $+2$ y $+3$ ya que la perdida de esos electrones permite obtener una configuración electrónica energéticamente más estable.

Sin embargo, esto hay que tomarlo como una aproximación, por que si bien en los compuesto iónicos si existe tal transferencia de electrones, en las moléculas covalentes, se produce una compartición de electrones entre los átomos implicados en el enlace. Aunque como excepción, en los enlaces heteroatómicos de este tipo de moléculas, si existe una distribución de los electrones más cercana al átomo más electronegativo.

Dentro de la terminología química existen diferentes conceptos muy cercanos entre sí que hacen necesario una revisión. Conceptos como *valencia*, *número o estado de oxidación* y *número de carga* designan propiedades distintas de los elementos. La *valencia* de un elemento indica la capacidad de combinarse un elemento con otros, dicho de otro modo, la *valencia* coincide con el número de oxidación pero sin tener en cuenta el signo. De esta forma, el hierro tiene valencias 2 y 3. Por otro lado, el número de carga indica la carga de los iones y esta más indicado su uso en compuestos iónicos, hidróxidos y en iones heteropoliatómicos. Así por ejemplo, los iones OH^-, ClO^-, ${SO_4}^{2-}$ tienen *número de carga* 1−, 1− y 2− respectivamente.

El *número de oxidación* principal de cada elemento se corresponde con el número de electrones que le faltan, número de oxidación negativo, o le sobran, número de oxidación positivo, para que su última capa quede completa adquiriendo la configuración de un gas noble (ocho electrones en la capa más externa o capa de valencia).

Para ver los *estados de oxidación* principales de los elementos más importantes de la tabla periódica podemos dirigirnos al capítulo 5.

Capítulo 2

SECUENCIA DE LOS ELEMENTOS EN LAS FÓRMULAS

Llamamos caos
al orden que todavía no comprendemos.

Edward Lorentz.
Matemático y Meteorólogo.

Cada vez que escribimos la fórmula química de un compuesto debemos tener muy claro el orden en el que debemos escribir los símbolos de los elementos. En las recomendaciones de 2005 formuladas por la IUPAC en cuanto a la nomenclatura química inorgánica, [1], se dan dos principios de ordenación.

2.1. ELECTRONEGATIVIDAD

La electronegatividad es una propiedad periódica del sistema periódico que mide la capacidad que tiene un átomo para atraer los electrones de un enlace con otro átomo, se encuentra relacionado con altos potenciales de ionización y con altas afinidades electrónicas. Por tanto, bajo estos criterios, los elementos metálicos tienen bajas electronegatividades y los elementos no metálicos, más altas.

Al tomar el orden de la fórmula bajo el criterio de electronegatividades, debemos colocar primero el átomo menos electronegativo. Para visualizar de una manera clara que elemento es más electronegativo, hacemos uso de la siguiente tabla cuya secuencia nos permite ir desde los elementos más electronegativos (elementos menos metálicos) a los menos electronegativos (metales).

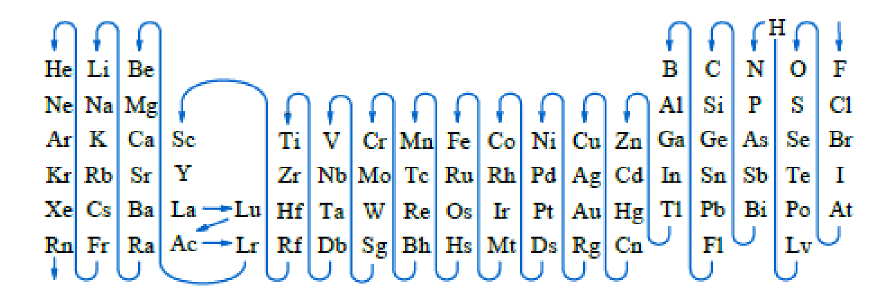


Figura 2.1: Secuencia de electronegatividades para los elementos.

En los compuestos binarios es una práctica habitual utilizar este criterio de ordenación, sin embargo, en los ácidos oxoácidos, la secuencia de los elementos en la fórmula se realiza de manera tradicional, en ella los hidrógenos ácidos se colocan primero. Por otro lado, en especies mayores como compuestos de cadena o de coordinación, se utilizan otros modelos de ordenación.

2.2. ORDEN ALFANUMÉRICO

Como su nombre indica, los símbolos de los elementos se colocan de izquierda a derecha alfabéticamente, teniendo en cuenta que los símbolos de una letra anteceden a los de dos letras con la misma letra inicial, así, el Boro, B, iría antes que el Berilio, Be.

En el caso de elementos de dos letras el orden alfabético es el normalizado. Por ejemplo, el Bario, Ba, iría antes que el Berilio, Be, y este antes que el Bismuto, Bi.

Los compuestos binarios o los ligandos de los compuestos de coordinación siguen esta regla.

Capítulo 3

COMBINACIONES CON EL OXÍGENO

Solo somos una raza avanzada de primates en un planeta menor de una estrella ordinaria.
Pero podemos entender el universo.

Stephen Hawking.
Físico.

Gracias a sus propiedades físicas y químicas, el oxígeno, al igual que el hidrógeno, es uno de los elementos naturales más reactivos. Cuando se combina con otros elementos actúa siempre con número de oxidación -2, salvo cuando se combina con el flúor que lleva el estado de oxidación positivo, +2.

3.1. ÓXIDOS METÁLICOS

Tenemos este tipo de óxidos cuando el oxígeno reacciona con un metal. El oxígeno actúa con número de oxidación -2. También se conocen como *óxidos básicos*. A grandes rasgos, este tipo de compuestos suelen ser sólidos y con altos puntos de fusión, al generarse mediante un enlace iónico son cristales y conducen la electricidad. Se utilizan como fertilizantes, pinturas, colorantes y en la fabricación de otras sustancias químicas.

Tal y como hemos visto en el capítulo 2, se formulan anteponiendo el símbolo del metal al del oxígeno y poniendo el número de átomos necesarios de ambos elementos para que el compuesto sea eléctricamente neutro (suma cero de los números de oxidación). Para nombrarlos, teniendo en cuenta que primero se nombra el grupo inorgánico, en este caso, *óxido de*, se puede utilizar las siguientes nomenclaturas:

- **Prefijos multiplicadores**: Añadimos delante de cada átomo el prefijo numeral griego que indica el número de iones de cada elemento (mono, di, tri, tetra,...). En el caso del metal, si solo hay un átomo, se omite el prefijo unitario mono-.
- **Números de oxidación**: Se indica el número de oxidación del metal entre paréntesis y en números romanos.

Ejemplo	Prefijos multiplicadores	Números de oxidación
Fe_2O_3	trióxido de dihierro	óxido de hierro(III)
BaO	óxido de bario	óxido de bario
Cu_2O	monóxido de dicobre	óxido de cobre(I)
Na_2O	óxido de disodio	óxido de Sodio

Los prefijos multiplicadores o el número de oxidación no son necesarios si no existe ambigüedad. Por ejemplo, elementos con un único número de oxidación, solo pueden formar un compuesto con el oxígeno y por tanto, no se indican ni los prefijos ni su estado de oxidación. De este modo, el Bario, al tener un único estado de oxidación, solo puede formar un compuesto con el Oxígeno, el BaO, y no es necesario utilizar prefijos ni su número de oxidación.

Por otro lado, el prefijo ***mono-*** es opcional y solo se utiliza para enfatizar la estequiometría de aquellas combinaciones que pueden dar lugar a más de una sustancia con los mismos elementos.

3.2. HIDRÓXIDOS

Los hidróxidos aparecen cuando hacemos reaccionar con H_2O los óxidos metálicos.

$$Na_2O \; + \; H_2O \; \longrightarrow \; 2NaOH$$

Son sustancias muy básicas, se utilizan como antiácidos, para fabricas jabones, colorantes, fibras textiles,.... El grupo hidróxido formado, OH^-, tiene un número de carga 1-, de ahí que muchas veces se estudien los hidróxidos como sustancias binarias aunque sean ternarias.

Se formulan anteponiendo el símbolo del metal al grupo hidróxido y colocando el número de átomos o grupos hidróxidos necesarios para que el compuesto sea neutro. Al igual que los óxidos metálicos, se pueden nombrar mediante **prefijos multiplicadores**, donde añadimos delante del grupo hidróxido el prefijo multiplicativo correspondiente, o mediante **números de oxidación**, donde indicamos el número de oxidación del metal entre paréntesis y en números romanos.

Ejemplo	**Prefijos multiplicadores**	**Números de oxidación**
$Fe(OH)_3$	trihidróxido de hierro	hidróxido de hierro(III)
$Al(OH)_3$	trihidróxido de aluminio	hidróxido de aluminio
$Cu(OH)_2$	dihidróxido de cobre	hidróxido de cobre(II)
Li(OH)	hidróxido de litio	hidróxido de litio

3.3. ÓXIDOS NO METÁLICOS

Se producen por la combinación entre el oxígeno y un no metal, excepto los halógenos, que darían lugar a los haluros de oxígeno, ver el capítulo 3.6. Se conocen como óxidos ácidos, formados por enlaces covalentes con bajos puntos de fusión y de ebullición, mayoritariamente son gases a temperatura ambiente. Se emplean para fabricar ácidos o en la industria alimentaria para hacer natas, yogures,...

Se formulan y se nombran igual que los óxidos metálicos.

Ejemplo	**Prefijos multiplicadores**	**Números de oxidación**
N_2O	monóxido de dinitrógeno	óxido de nitrógeno(I)
N_2O_3	trióxido de dinitrógeno	óxido de nitrógeno(III)
CO_2	dióxido de carbono	óxido de carbono(II)
SO_3	trióxido de azufre	óxido de azufre(VI)
SO_2	dióxido de azufre	óxido de azufre(IV)

3.4. ÁCIDOS OXOÁCIDOS

Los ácidos denominados oxoácidos surgen cuando hacemos reaccionar con H_2O los óxidos no metálicos.

$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

Hay que tener en cuenta que también existen algunos óxidos metálicos de altas estados de oxidación (Cr, Mn, V,...) que también pueden dar lugar a estos ácidos. Se emplean en grandes cantidades en la industria, podemos encontrar abonos, colorantes, plásticos, explosivos, ...

Son compuestos ternarios formados por hidrógeno, un no metal (o metal de transición) y oxígeno. La fórmula general es $H_aX_bO_c$, donde X es el metal o el no metal de transición. De aquí podemos inferir el número de oxidación del átomo central. Así, teniendo en cuenta que el estado de oxidación del hidrógeno y el oxígeno son -1 y -2 respectivamente, el del elemento X sería,

siguiendo la regla de la suma cero para los estados de oxidación, es decir, los **n**úmeros de **o**xidación (n.o.) positivos igual a los negativos:

$$\mathrm{H_a^{+1}X_b^{+n}O_c^{-2}} \qquad n.o.(+) = n.o.(-) \;\Rightarrow\; a + b\cdot n = 2\cdot c \;\Rightarrow\; n = \frac{2\cdot c - a}{b}$$

El número de estos ácidos y sus sales derivadas es abrumador, además, dado su carácter histórico, hace inviable el cambio de nomenclatura en la comunidad científica, y, aunque se podría dar nombres sistemáticos, la realidad es que la IUPAC **permite algunos nombres** de la nomenclatura tradicional para este grupo y sus oxosales. Por este motivo y dejando de lado otras nomenclaturas para niveles superiores de Química, tenemos dos posibilidades:

- **Nomenclatura tradicional**: Se nombran anteponiendo la palabra ácido y después añadiendo prefijos y sufijos a la raíz del elemento central. Estos prefijos y sufijos marcan el número de oxidación del no metal (o del metal de transición), es decir, en función de los posibles estados de oxidación de cada elemento se le asigna el prefijo y el sufijo:
  - *Átomo central con un sólo estado de oxidación*: Se añada el sufijo **-ico** a la raíz del nombre del átomo central.
  - *Átomo central con dos estados de oxidación*: Se añada el sufijo **-oso** a la raíz del nombre cuando actúa con el n.o. menor y la terminación **-ico** con el mayor.
  - *Átomo central con tres estados de oxidación*: Se añada el prefijo **hipo-** y el sufijo **-oso** al menor n.o., el sufijo **-oso** al n.o. intermedio y la terminación **-ico** al mayor.
  - *Átomo central con cuatro estados de oxidación*: En este caso, tenemos el prefijo **hipo-** y el sufijo **-oso** para el menor n.o., el sufijo **-oso** para n.o. siguiente, la terminación **-ico** para el tercero y para el último estado de oxidación, el prefijo **per-** y el sufijo **-oso**.

  Teniendo en cuenta los ácidos oxoácidos de los elementos no metálicos más importantes para Bachillerato:

ESTADOS DE OXIDACIÓN				
Halógenos	**Anfígenos**	**Nitrogenoideos**	**Carbonoideos**	**Prefijos y Sufijos**
+1	+2			**hipo**...**oso**
+3	+4	+3		...**oso**
+5	+6	+5	+4	...**ico**
+7				**per**...**ico**

- **Nomenclatura de Hidrógeno**: En este caso se utilizan los prefijos multiplicadores griegos para indicar el número de átomos de **hidrógeno**, posteriormente y entre paréntesis, se indica con prefijos numerales el número de átomos de oxígeno seguido de la palabra **-oxido-** y a continuación el nombre del elemento central acabado en **-ato**.

De esta forma, como ejemplo de lo visto en este grupo inorgánico tendríamos los siguientes casos,

Ejemplo	Nombre Tradicional	Nombre de hidrógeno
HIO_3	ácido yódico	hidrogeno(trioxidoyodato)
H_2SO_4	ácido sulfúrico	dihidrogeno(tetraoxidosulfato)
HNO_2	ácido nitroso	hidrogeno(dioxidonitrato)
H_2CO_3	ácido carbónico	dihidrogeno(trioxidocarbonatoato)
$HMnO_4$	-	hidrogeno(tetraoxidomanganato)
H_3PO_4	ácido fosfórico	trihidrogeno(tetraoxidofosfato)

Como podemos observar, no se utiliza la nomenclatura sistemática ni la de números de oxidación, también se dejan de utilizar los prefijos anteriormente utilizados como *orto-* y *piro-*, sustituyéndose este último por *di-*. Los nombres vulgares o tradicionales deben de revisarse en el *Libro Rojo*, [1], puesto que nombres como, ácido crómico,H_2CrO_4, ácido dicrómico, $H_2Cr_2O_7$, ácido permangánico, $HMnO_4$ o ácido mangánico, H_2MnO_4, antiguamente aceptados, ya no se encuentran entre las nomenclaturas permitidas de la IUPAC.

Los nombres tradicionales permitidos por la IUPAC de los ácidos y sus aniones más comunes en un curso de Bachillerato se pueden consultar en el capítulo 6.

3.4.1. OXOSALES

Este grupo resulta de la sustitución completa o parcial de los hidrógenos de un ácido oxoácido por un metal. Cuando se produce la deshidrogenación completa tenemos las **Oxosales neutras** o Sales Neutras terciarias o superiores, sin embargo, cuando la deshidrogenación es parcial, es decir, aún quedan hidrógenos ácidos en el anión formado, surge el grupo inorgánico conocido como **Oxosales ácidas** o Sales ácidas cuaternarias o superiores.

Ver las tablas **A.2** y **A.3** del Capítulo 6 correspondientes a los oxoaniones formados a partir de sus ácidos oxoácidos.

3.4.1.1. OXOSALES NEUTRAS

Como se ha comentado anteriormente, son derivados de la completa sustitución de los hidrógenos de un ácido oxoácido por un metal. Por tanto, es un compuesto ternario formados por un metal, un no metal y oxígeno.

Al eliminar los hidrógenos se forman los aniones de los oxoácidos correspondientes y la fórmula pasa a conformarse como si fuera un compuesto binario, suma cero de los números de oxidación del metal (catión) y del anión correspondiente al oxoácido.

Para formular la oxosal, primero se escribe el catión metálico y después el anión derivado del oxoácido. A la hora de nombrarles tenemos dos posibilidades:

- **Nomenclatura tradicional**: Se sustituyen las terminaciones *-oso* e *-ico* de los ácidos correspondientes por las terminaciones **-ito** y **-ato**, respectivamente. Primero se nombra el anión y después el catión metálico con su valencia entre paréntesis y con números romanos.
- **Nomenclatura estequiométrica de hidrógeno**: A partir del nombre de hidrógeno del ácido del que proceden, se elimina la palabra hidrógeno, se nombra primero el anión y después, también con prefijos, el nombre del catión. Ver los aniones de los oxoácidos más comunes en la **tablas A.2.** y **A.3.** del capitulo 6.

Ejemplo	**Nombre Tradicional**	**Nombre estequiométrico**
$NaIO_3$	yodato de sodio	trioxidoyodato de sodio
K_2CrO_4	cromato de potasio	tetraoxidocromato de dipotasio
Na_2SO_4	sulfato de sodio	tetraoxidosulfato de disodio
$Fe(NO_2)_2$	nitrito de hierro(II)	bis(dioxidonitrato) de hierro

Si el nombre del constituyente comienza con un prefijo multiplicador y además, presenta otro localizador, entonces deben de utilizarse los prefijos multiplicadores alternativos (**bis-**, **tris-**, **tetrakis-**,...) y seguidamente entre paréntesis el nombre del grupo constituyente.

3.4.1.2. OXOSALES ÁCIDAS

Si los ácidos oxoácidos reaccionan con metales pero no pierden todos sus hidrógenos, entonces tenemos una **sal ácida**. Los aniones ácidos de los ácidos oxoácidos podemos encontrarlos en las tablas **A.2** y **A.3** del Capítulo 6.

Para formular, primero se escribe el catión metálico y después el anión ácido derivado del oxoácido. Se pueden nombrar de dos maneras:

- **Nomenclatura tradicional**: Se sustituyen las terminaciones *-oso* e *-ico* de los ácidos correspondientes por las terminaciones **-ito** y **-ato**, respectivamente. Se antepone el prefijo **hidrogeno-** al nombre del anión y si tuviera dos hidrógenos ionizables, utilizaríamos el prefijo **dihidrogeno-**. Primero se nombra el anión y después el catión metálico con su valencia entre paréntesis y con números romanos.
- **Nomenclatura estequiométrica de hidrógeno**: A partir del nombre de hidrógeno del ácido del que proceden. Se nombra primero el anión y después, también con prefijos multiplicadores, el nombre del catión.

Ejemplo	Nombre Tradicional	Nombre estequiométrico
$KHCO_3$	hidrogenocarbonato de potasio	hidrogeno(trioxidocarbonato) de potasio
NaH_2PO_4	dihidrogenofosfato de sodio	dihidrogeno(tetraoxidofosfato) de sodio
$NaHSO_3$	hidrogenosulfito de sodio	hidrogeno(trioxidosulfato) de sodio
$Fe(HSO_4)_2$	hidrogenosulfato de hierro(II)	bis[hidrogeno(tetraoxidosulfato)] de hierro

3.5. PERÓXIDOS

Los **peróxidos** son combinaciones de un metal con el ión ${O_2}^{2-}$, $-O-O-$, denominado ion peróxido. En este grupo inorgánico debemos dejar bien visible el grupo peróxido, por tanto, no debemos simplificar la fórmula cuando en ésta nos deje un sólo átomo de oxígeno.

Se formulan anteponiendo el metal al ion peróxido y aplicando la regla de suma cero de números de oxidación se asignan los átomos correspondientes de cada átomo.

Se pueden nombrar mediante nomenclatura de composición de **prefijos multiplicadores**, añadiendo delante de cada ion el prefijo multiplicativo que indica el número de iones de cada elemento, o por **números de oxidación**, donde indicamos, por una parte, que es un peróxido, y por otra, el número de oxidación del metal entre paréntesis y en números romanos.

Ejemplo	Prefijos multiplicadores	Números de oxidación
H_2O_2	dióxido de dihidrógeno	peróxido de hidrógeno
Fe_2O_6	hexaóxido de dihierro	peróxido de hierro(III)
BaO_2	dióxido de bario	peróxido de bario
SnO_4	tetraóxido de estaño	peróxido de estaño(IV)

3.6. HALUROS DE OXÍGENO

En las reglas de 2005 se considera que los halógenos son más electronegaticos que el oxígeno, ver **Figura 2.1** del Capítulo 2. Esta clasificación provoca que no están permitidos los óxidos de los halógenos y que por tanto, pasan a llamarse haluros de oxígeno.

Bajo este nuevo prisma, en la fórmula, primero se coloca el oxígeno y después el halógeno. Para nombrarlos solo existe una nomenclatura, la de composición o estequiométrica de prefijos multiplicadores. Se añade el sufijo **-uro** a la raíz del halógeno y después se pone el termino **de oxigeno**, en cualquier caso, se utilizan los prefijos multiplicadores para citar el número de átomos de cada elemento.

Ejemplo	**Prefijos multiplicadores**
OCl_2	dicloruro de oxígeno
O_3Br_2	dibromuro de trioxígeno
O_7I_2	diyoduro de heptaoxígeno
OF_2	difluoruro de oxígeno

Capítulo 4

COMBINACIONES CON EL HIDRÓGENO

Ningún descubrimiento se hizo nunca sin una conjetura audaz.

Isaac Newton.
Físico y Matemático.

El hidrógeno, el elemento con menor radio atómico de los elementos del sistema periódico y sin un lugar claro dentro de él, tiene la capacidad para combinarse con metales y con no metales.

Si observamos el orden de electronegatividades presente en la **Figura 2.1** del Capítulo 2, se advierte que el hidrógeno es más electronegativo que todos los elementos del grupo de los nitrogenoideos y grupos anteriores, esto hace que el hidrógeno, al combinarse con estos elementos presente un estado de oxidación -1 y cuando lo hace con los elementos de los grupos que se encuentran a su derecha actúe con el número de oxidación $+1$. Por consiguiente, podemos tener los siguientes grupos inorgánicos:

4.1. HIDRUROS METÁLICOS

Como su nombre indica, este tipo de compuestos tiene lugar cuando se combina el hidrógeno con un metal. Como se ha expuesto anteriormente, el hidrógeno al ser más electronegativo que cualquiera de estos elementos, actúa con estado o número de oxidación -1. Se utilizan como agentes reductores, para almacenamiento de hidrógeno, agentes desecantes, en la fabricación de semiconductores,...

Se formulan escribiendo primero el símbolo del elemento metálico, después el hidrógeno y se aplica la regla de suma cero de números de oxidación para que el compuesto sea eléctricamente

neutro.

Al igual que los otros compuestos binarios existen dos nomenclaturas, la de **prefijos multiplicadores** y la de **números de oxidación**. En la primera se escribe la palabra **hidruro** seguida del elemento metálico, teniendo en cuenta los prefijos para indicar el número de átomos de cada elemento; y en la segunda, se escribe primero la palabra **hidruro** y posteriormente, el nombre del metal indicando su número de oxidación entre paréntesis y en números romanos.

Ejemplo	**Prefijos multiplicadores**	**Números de oxidación**
AlH_3	trihidruro de aluminio	hidruro de aluminio
PbH_4	tetrahidruro de plomo	hidruro de plomo(IV)
CuH	monohidruro de cobre	hidruro de cobre(I)
CuH_2	dihidruro de cobre	hidruro de cobre(II)

4.2. HIDRUROS NO METÁLICOS

La combinación del hidrógeno con los elementos pertenecientes a los grupos de los terreos, carbonoideos o nitrogenoideos, se trata de igual forma que cuando es con un metal, pero la reacción del hidrógeno con los elementos del grupo de los anfígenos o halógenos da lugar a los anfigenuros o halogenuros de hidrógeno y en consecuencia, a los conocidos **ácidos hidrácidos**.

4.2.1. HIDRUROS GRUPOS 13, 14 y 15

Se corresponden con aquellas combinaciones del hidrógeno con los no metales de los grupos 13, 14 y 15.

Se formulan de igual forma que hidruros metálicos, pero para nombrarlos podemos utilizar la nomenclatura de prefijos multiplicadores o, mayoritariamente, la nomenclatura de sustitución que daría lugar a la de los hidruros progenitores. En está última se usa el sufijo **-ano** después de la raíz del no metal.

Ejemplo	**Prefijos multiplicadores**	**Nomenclatura de sustitución**
BH_3	trihidruro de boro	borano
CH_4	tetrahidruro de carbono	metano
SiH_4	tetrahidruro de silicio	silano
NH_3	trihidruro de nitrógeno	amoniaco*
PH_3	trihidruro de fósforo	fosfano

*El nombre de amoniaco está admitido por la IUPAC por las implicaciones históricas que tiene el nombre del compuesto. El nombre aceptado según las normas que rigen estos compuestos sería el de **azano**.

4.2.2. ANFIGENUROS y HALOGENUROS DE HIDRÓGENO

La unión del hidrógeno con los elementos de estos grupos da lugar a sustancias gaseosas, muy tóxicas. Al ser estos elementos más electronegativos que el hidrógeno, actúan con número de oxidación negativo, y por tanto, se formulan escribiendo primero el símbolo del hidrógeno y después el del elemento no metálico. Se nombran añadiendo la terminación **-uro** al nombre del no metal y seguidamente, **de hidrógeno**.
En disolución acuosa, estos compuestos tienen propiedades ácidas y se les conoce con el nombre de **ácidos hidrácidos**. En este caso se nombran anteponiendo la palabra **ácido** y a continuación, la raíz del no metal con el sufijo **-hídrico**. *En estas condiciones hay que entender que no estamos hablando de un compuesto químico, sino de una mezcla homogénea de composición variable.*

Ejemplo	**Prefijos multiplicadores**	**Nomenclatura ácida**
HCl	cloruro de hidrógeno	ácido clorhídrico(ac)
HBr	bromuro de hidrógeno	ácido bromhídrico(ac)
H_2S	sulfuro de dihidrógeno	ácido sulfhídrico(ac)
H_2Se	seleniuro de dihidrógeno	ácido selenhídrico(ac)

4.2.2.1. SALES BINARIAS

Si a los ácidos hidrácidos les hacemos reaccionar con metales, pierden el hidrógeno y se obtienen las **sales binarias**, es decir, se obtiene un compuesto binario formado por un metal y un no metal.

$$Mg + 2HCl \longrightarrow MgCl_2 + H_2$$

Los iones correspondientes a los ácidos hidrácidos se encuentran en la **tabla A.1.** del capítulo 5. Para nombrarlos se utiliza la terminación **-uro** al nombre del no metal.

Me permito la licencia de incluir en este apartado los compuestos binarios entre no metales ya que se formulan y se escriben de igual forma que las sales, la única puntualización es que hay que poner a la derecha de la fórmula al elemento más electronegativo, siendo éste el que marcará el nombre del compuesto.

Se utilizan las nomenclaturas estequiométrica y la del número de oxidación.

Ejemplo	**Prefijos multiplicadores**	**Números de oxidación**
$MgCl_2$	dicloruro de magnesio	cloruro de magnesio
$HgCl_2$	dicloruro de mercurio	cloruro de mercurio(II)
$FeCl_3$	tricloruro de hierro	cloruro de hierro(III)
Au_2S_3	trisulfuro de dioro	sulfuro de oro(III)
NCl_3	tricloruro de nitrógeno	cloruro de nitrógeno(III)

4.2.2.2. SALES ÁCIDAS DE LOS ÁCIDOS HIDRÁCIDOS

Los iones correspondientes a los ácidos hidrácidos del grupo de los anfígenos, grupo 16, pueden perder un sólo hidrógeno y por tanto, generar una sal ácida, es decir, aquella sal que aún mantiene un hidrógeno en el ión del ácido hidrácido. Estas se encuentran en la **tabla A.1.** del capítulo 5.

Se nombran añadiendo el prefijo **hidrógeno** y la terminación **-uro** al nombre del no metal. Se utilizan las nomenclaturas estequiométrica y la del número de oxidación.

Ejemplo	**Prefijos multiplicadores**	**Números de oxidación**
NH_4HS	hidrogenosulfuro de amonio	hidrogenosulfuro de amonio
$Fe(HS)_3$	tri(hidrogenosulfuro) de hierro	hidrogenosulfuro de hierro(III)
$Ni(HTe)_2$	di(hidrogenotelururo) de niquel	hidrogenotelururo de niquel(II)
NaHSe	hidrogenoselenuro de sodio	hidrogenoselenuro de sodio

Capítulo 5

NÚMEROS DE OXIDACIÓN DE LOS ELEMENTOS

Tal y como hemos visto en el Capítulo 1, correspondiente a los estados de oxidación de los elementos y las diferencias que existen entre los conceptos de número de oxidación, valencia y número de carga, estas tablas dan a conocer los números de oxidación de los elementos más comunes del sistema periódico diferenciando entre aquellas sustancias metálicas y las que no lo son.

Los números de oxidación que aparecen son los principales de los elementos, de ahí que también os aconseje mirar las notas al píe que aparecen en cada una de las tablas expuestas.

METALES[1]	
Li, Na, K, Rb, Cs, Fr, Ag y NH_4^+	$+1$
Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Zn y Cd	$+2$
Cu, Hg	$+1, +2$
Al, Ga, In, Tl	$+3$
Au	$+1, +3$
Fe, Co y Ni	$+2, +3$
Sn, Pb, Pt y Pd	$+2, +4$
Ir	$+3, +4$
Cr[2]	$+2, +3, +6$
Mn[3]	$+2, +3, +4, +6, +7$
V[4]	$+2, +3, +4, +5$

(1) Números o estados de oxidación principales de los elementos.
(2) El **Cromo** cuando actúa como No Metal utiliza el n.o. +6.
(3) El **Manganeso** cuando actúa como No Metal utiliza los n.o. +6 y +7.
(4) El **Vanadio** cuando actúa como No Metal utiliza el n.o. +5.

Tabla 5.1: Estados de oxidación de los elementos metálicos más comunes
.

NO METALES[1]	
H	$+1, -1$
F	-1
Cl, Br y I	$-1, +1, +3, +5, +7$
O[2]	-2
S, Se y Te	$-2, +2, +4, +6$
N[3]	$-3, +1, +2, +3, +4, +5$
P	$-3, +1, +3, +5$
As, Sb y Bi	$-3, +3, +5$
B	$-3, +3$
C, Ge	$-4, +2, +4$
Si	$-4, +4$

[1] Números o estados de oxidación principales de los elementos.
[2] El **Oxígeno** actúa con n.o. +2 cuando forma compuestos con el Flúor.
[3] El **Nitrógeno** tan sólo forma ácidos con los n.o. +1, +3 y +5.

Tabla 5.2: Estados de oxidación de los elementos no metálicos.

Capítulo 6

TABLAS INORGÁNICAS

Con estas tablas se pretende reunir las especies más utilizadas y más importantes en Bachillerato. Todos los nombres y las especies están sacadas del Libro Rojo para la nomenclatura de Química Inorgánica editado por la IUPAC, de ahí que haya algún nombre vulgar e incluso, que no aparezcan nombres que tradicionalmente se han utilizado pero que, sin embargo, actualmente no están aceptados. Casos conocidos son el ácido crómico, dicrómico, mangánico o permangánico que han desaparecido y se han sustituido por la nomenclatura de hidrógeno.

Por tanto, como se puede observar, para nombrar algunos ácidos o algunos aniones que han perdido uno o más protones, se puede utilizar la nomenclatura de hidrógeno, o la nomenclatura de hidrógeno simplificada, puesto que esta última no genera ambigüedad.

Abarcar todo el espectro de fórmulas y nombres de las especies químicas inorgánicas es una tarea muy amplia, con las aquí presentes se cubre la gran mayoría de los ácidos, aniones y oxoaniones de cualquier curso de Bachillerato, su consulta intenta facilitar en gran medida su estudio y comprensión para lograr un dominio de tan compleja actividad como es la nomenclatura inorgánica.

A.1 TABLA DE ÁCIDOS HIDRÁCIDOS E IÓNES

HF	Á. fluorhídrico	F^-	Ión fluoruro
HCl	Á. clorhídrico	Cl^-	Ión cloruro
HBr	Á. bromhídrico	Br^-	Ión bromuro
HI	Á. yodhídrico	I^-	Ión yoduro
H_2S	Á. sulfhídrico	HS^- S^{2-}	Ión hidrogenosulfuro Ión sulfuro
H_2Se	Á. selenhídrico	HSe^- Se^{2-}	Ión hidrogenoselenuro Ión selenuro
H_2Te	Á. telurhídrico	HTe^- Te^{2-}	Ión hidrogenotelururo Ión telururo
HCN	Á. cianhídrico	CN^-	Ión cianuro
NH_3	*Amoniaco*[1]	NH_4^+ NH_2^-	*Ión amonio* *Ión amido*
H_2O	Agua u oxidano	H_3O^+	Ión oxonio

[1]Aunque el NH_3 no es ácido, es una base, me permito la licencia de incluirlo en esta tabla por su importancia.

Tabla 6.1: Tabla de ácidos hidrácidos y sus aniones

A.2 TABLA DE ÁCIDOS OXOÁCIDOS E IÓNES

$HClO$	Á. hipocloroso	ClO^-	Ión hipoclorito
$HClO_2$	Á. cloroso	$ClO_2{}^-$	Ión clorito
$HClO_3$	Á. clórico	$ClO_3{}^-$	Ión clorato
$HClO_4$	Á. perclórico	$ClO_4{}^-$	Ión perclorato
$HBrO$	Á. hipobromoso	BrO^-	Ión hipobromito
$HBrO_2$	Á. bromoso	$BrO_2{}^-$	Ión bromito
$HBrO_3$	Á. brómico	$BrO_3{}^-$	Ión bromato
$HBrO_4$	Á. perbrómico	$BrO_4{}^-$	Ión perbromato
HIO	Á. hipoyodoso	IO^-	Ión hipoyodito
HIO_2	Á. yodoso	$IO_2{}^-$	Ión yodito
HIO_3	Á. yódico	$IO_3{}^-$	Ión yodato
HIO_4	Á. peryódico	$IO_4{}^-$	Ión peryodato
H_2SO_3	Á. sulfuroso	$HSO_3{}^-$ $SO_3{}^{2-}$	Ión hidrogenosulfito Ión sulfito
H_2SO_4	Á. sulfúrico	$HSO_4{}^-$ $SO_4{}^{2-}$	Ión hidrogenosulfato Ión sulfato
HNO_2	Á. nitroso	$NO_2{}^-$	Ión nitrito
HNO_3	Á. nítrico	$NO_3{}^-$	Ión nitrato
H_3PO_4	Á. fosfórico	$H_2PO_4{}^{2-}$ $HPO_4{}^{2-}$ $PO_4{}^{3-}$	Ión dihidrogenofosfato Ión hidrogenofosfato Ión fosfato
H_2CO_3	Á. carbónico	$HCO_3{}^-$ $CO_3{}^{2-}$	Ión hidrogenocarbonato Ión carbonato
H_3BO_3	Á. bórico	$H_2BO_3{}^{2-}$ $HBO_3{}^{2-}$ $BO_3{}^{3-}$	Ión dihidrogenoborato Ión hidrogenoborato Ión borato

Tabla 6.2: Tabla de ácidos oxoácidos y sus oxoaniones

A.3 TABLA DE ÁCIDOS OXOÁCIDOS METÁLICOS E IÓNES

H_2CrO_4	dihidrogeno(tetraoxidocromato)	$HCrO_4^-$ CrO_4^{2-}	Ión hidrogenocromato Ión cromato
$H_2Cr_2O_7$	dihidrogeno(heptaoxidodicromato)	$HCr_2O_7^-$ $Cr_2O_7^{2-}$	Ión hidrogenodicromato Ión dicromato
H_2MnO_4	dihidrogeno(tetraoxidomanganato)	$HMnO_4^-$ MnO_4^{2-}	Ión hidrogenomanganato Ión manganato(VI)
aria $HMnO_4$	hidrogeno(tetraoxidomanganato)	MnO_4^-	Ión permanganato

Tabla 6.3: Tabla de ácidos metálicos y sus oxoaniones

Capítulo 7

SEMINARIO QUÍMICA INORGÁNICA

Un experto es una persona que
ha cometido todos los errores que
se pueden cometer en un determinado campo.

Niels Bohr.
Físico.

7.1. COMPUESTOS BINARIOS

1. Nombra los siguientes compuestos con dos nomenclaturas distintas:

   1.1) CaO
   1.2) NiH_3
   1.3) LiH
   1.4) Li_2O
   1.5) BaH_2
   1.6) BaO_2
   1.7) FeI_2
   1.8) ZnH_2
   1.9) K_2S
   1.10) $BeCl_2$
   1.11) FeO
   1.12) K_2O_2

1.13) H_2Se
1.14) CoF_3
1.15) CO
1.16) AlH_3
1.17) CaH_2
1.18) NaCl
1.19) Cu_2O
1.20) K_3N
1.21) PbO_2
1.22) FeH_2
1.23) FeH_3
1.24) $MgBr_2$
1.25) BH_3
1.26) BaO
1.27) CCl_4
1.28) SO
1.29) SO_2
1.30) CoH_3
1.31) AuH_3
1.32) P_2O_3
1.33) PCl_5
1.34) $AlBr_3$
1.35) H_2O
1.36) HF
1.37) H_2S
1.38) B_2H_6
1.39) Na_2O_2
1.40) NiH_2
1.41) HI
1.42) Au_2S
1.43) H_2Te
1.44) MgTe
1.45) Li_2Se
1.46) K_2O_2

1.47) NH_3
1.48) N_2O
1.49) SO_3
1.50) Sb_2Te_3

2. Formula los siguientes compuesto binarios:

2.1) Trifluoruro de boro
2.2) Monóxido de carbono
2.3) Óxido de carbono(IV)
2.4) Hidruro de francio
2.5) Óxido de dinitrógeno
2.6) Dihidruro de magnesio
2.7) Nitrógeno
2.8) Óxido de teluro(IV)
2.9) Heptaóxido de diyodo
2.10) Amoniaco
2.11) Bromuro de plata
2.12) Tricloruro de aluminio
2.13) Monóxido de nitrógeno
2.14) Ácido sulfhídrico
2.15) Dicloruro de oxígeno
2.16) Hidruro de niquel(III)
2.17) Dihidruro de estroncio
2.18) Hidruro de cromo(III)
2.19) Ozono
2.20) Yoduro de hidrógeno
2.21) Peróxido de rubidio
2.22) Hidruro de mercurio(I)
2.23) Óxido de hierro(II)
2.24) Yoduro de bario
2.25) Bromuro de hierro(II)
2.26) Metano
2.27) Sulfuro de cobre(II)
2.28) peróxido de potasio

2.29) Trióxido de antimonio

2.30) Óxido de cinc

2.31) Oxígeno

2.32) Dibromuro de cromo

2.33) Hidruro de plomo(IV)

2.34) Óxido de nitrógeno(I)

2.35) Ácido telurhídrico

2.36) Peróxido de sodio

2.37) Óxido de fósforo(III)

2.38) Sulfuro de hierro(III)

2.39) Cloruro de aluminio

2.40) Fosfano

2.41) Óxido de cromo(II)

2.42) Cloro

2.43) Dibromuro de pentaoxígeno

2.44) Difluoruro de calcio

2.45) Peróxido de bario

2.46) Óxido de nitrógeno(V)

2.47) Sulfuro de hidrógeno

2.48) Tetrahidruro de dinitrógeno

2.49) Ácido selenhídrico

2.50) Selenuro de hidrógeno

7.2. COMPUESTOS TERNARIOS O SUPERIORES

1. Nombra los siguientes compuestos con dos nomenclaturas distintas:

1.1) $LiOH$

1.2) $Ba(OH)_2$

1.3) $Fe(OH)_3$

1.4) Li_2SO_3

1.5) $HClO$

1.6) $HBrO_4$

1.7) $NaHS$

1.8) $H_2Cr_2O_7$

1.9) HNO_3
1.10) H_2CO_3
1.11) $LiHCO_3$
1.12) $Ni(OH)_3$
1.13) Hg_2SO_4
1.14) $HgSO_3$
1.15) H_2SO_4
1.16) HNO_2
1.17) $Pb(OH)_4$
1.18) H_2SO_3
1.19) H_3PO_4
1.20) $NaBrO_2$
1.21) $HMnO_4$
1.22) $LiHSO_3$
1.23) $CuNO_3$
1.24) $Cu(NO_3)_2$
1.25) $CaCrO_4$
1.26) $KClO_3$
1.27) $NaIO$
1.28) NH_4NO_3
1.29) $Ni_2(SO_3)_3$
1.30) $KMnO_4$
1.31) $NaHCO_3$
1.32) $NaHSO_4$
1.33) $Al_2(SO_3)_3$
1.34) $Fe(NO_2)_2$
1.35) $Fe(HCO_3)_3$
1.36) $CoSO_4$
1.37) $Pt(SO_4)_2$
1.38) $CaCr_2O_7$
1.39) $Cu(OH)_2$
1.40) $Zn(MnO_4)_2$
1.41) $Ca(H_2PO_4)_2$
1.42) $HgOH$

1.43) $Pt(ClO_3)_4$
1.44) $FrClO_4$
1.45) $Al(OH)_3$
1.46) $CrSO_4$
1.47) $Zn(IO_3)_2$
1.48) $AgHSO_3$
1.49) BeHS
1.50) FeHTe

2. Formula los siguientes compuestos:

2.1) Selenato de oro(I)
2.2) Ácido carbónico
2.3) Ácido nítrico
2.4) Hidrogeno(tetraoxidomanganato)
2.5) Ácido perbrómico
2.6) Perbromato de magnesio
2.7) Dihidrogenofosfato de litio
2.8) Ácido fosfórico
2.9) Fosfato de calcio
2.10) Ácido permangánico
2.11) Ácido mangánico
2.12) Cianuro de aluminio
2.13) Ácido sulfúrico
2.14) Trihidróxido de niquel
2.15) Hidróxido de berilio
2.16) Ácido yodoso
2.17) Sulfito de aluminio
2.18) Ácido sulfuroso
2.19) Ácido bórico
2.20) Hidrogenoborato de magnesio
2.21) Ácido nitroso
2.22) Ácido yodoso
2.23) Dihidrogeno(tetraoxidocromato)
2.24) Permanganato de calcio

2.25) Fosfato de hierro(II)
2.26) Perbromato de magnesio
2.27) Hipoyodito de litio
2.28) Nitrato de hierro (II)
2.29) Dicromato de potasio
2.30) Hidrogenosulfato de cobre (I)
2.31) Hidróxido de plata
2.32) Perclorato de cromo(II)
2.33) Dihidrógeno(tetraoxidodicromato)
2.34) Nitrito de hierro(II)
2.35) Bisulfuro de calcio
2.36) Sulfito de aluminio
2.37) Potasa
2.38) Hidróxido de platino(IV)
2.39) Cromato de potasio
2.40) Sulfato de cadmio
2.41) Hidrogenosulfito de cobre(II)
2.42) Permanganato de potasio
2.43) Hidrogenocarbonato de rubidio
2.44) Bromito de sodio
2.45) Nitrito de sodio
2.46) Hidróxido de oro(III)
2.47) Perclorato de francio
2.48) Dihidrogeno(tetraoxidomanganato)
2.49) Manganato de alumnio
2.50) Dicromato de plata

7.3. IONES

1. Nombra o formula los siguientes iones:
   1.1) Na^+
   1.2) MnO_4^-
   1.3) S^{2-}
   1.4) Mg^{2+}

1.5) IO^{-}

1.6) $PO_4{}^{3-}$

1.7) $ClO_2{}^{-}$

1.8) $IO_4{}^{-}$

1.9) Cl^{-}

1.10) $HSO_3{}^{-}$

1.11) HS^{-}

1.12) $HSO_4{}^{-}$

1.13) $H_2PO_4{}^{-}$

1.14) $NO_3{}^{-}$

1.15) BO_{33-}

1.16) Anión hidrogenoselenuro

1.17) Catión oro(+)

1.18) Anión nitrato

1.19) Ánión carbonato

1.20) Anión Yoduro

1.21) Catión amonio

1.22) Anión hipoclorito

1.23) Catión cobre(2+)

1.24) Ánión dicromato

1.25) Anión hidrogenosulfato

1.26) Ión oro(3+)

1.27) Anión dihidrogenofosfato

1.28) Anión telururo

1.29) Anión cianuro

1.30) Catión dimercurio(2+)

Parte II

NOMENCLATURA QUÍMICA ORGÁNICA

El átomo de carbono es un elemento único, la gran cantidad de compuestos químicos que contienen carbono es debido a la gran capacidad que tienen los átomos de carbono para unirse entre sí. Cada átomo puede unirse a uno, dos, tres o cuatro átomos de carbono y formar cadenas que pueden llegar a tener un número elevado de átomos de este elemento.

La configuración electrónica que presenta el carbono, $1s^2 2s^2 2p^2$, con cuatro electrones en la capa de valencia le permiten formar cuatro enlaces covalentes, y esta tetravalencia, puede dar lugar a que el átomo de carbono pueda enlazarse mediante enlaces covalentes sencillos (compartiendo un par de electrones), dobles (compartiendo dos pares de electrones) o triples (compartiendo tres pares de electrones).

CH_3-CH_3	$CH_2=CH_2$	$CH\equiv CH$
Etano	Eteno	Etino

En los compuestos orgánicos no es habitual dar la fórmula molecular debido al elevado número de isómeros que pueden existir, es necesario expresar la disposición de los átomos en la molécula y para ello, se utilizan distintas fórmulas espaciales. Por ejemplo, para el ácido etanoico,

H–C(H)(H)–C(=O)–OH	$CH_3-C(=O)-OH$	CH_3-COOH	$C_2H_4O_2$	(O, OH)
F. desarrollada	F. semidesarrollada	F. sin desarrollar	F. molecular	F. geométrica

La más común en bachillerato es la fórmula semidesarrollada plana y en la universidad, la geométrica. En el libro no se han incluido las distintas proyecciones espaciales, de Fischer o de Newman, puesto que en el actual bachillerato no es un contenido de la materia.

Las cadenas pueden ser de cadena abierta y de cadena cerrada, comunmente conocidas como **ciclos**. Cuando se habla de hidrocarburos que derivan del benceno se denominan *hidrocarburos aromáticos*, si no es así, tenemos los *hidrocarburos alifáticos*.

Asimismo, cuando un átomo o grupos de átomos modifican la cadena carbonatada y la molécula adquiere unas propiedades físicas y químicas características, se conoce con el nombre de **grupo funcional**. De esta forma, podemos tener alcoholes, cetonas, ácidos, amidas,. . . . Las **series homólogas** hacen referencia al conjunto de compuestos orgánicos que poseen propiedades químicas y físicas semejantes por tener en su estructura el mismo grupo funcional y tan sólo diferir, en la longitud de la cadena carbonatada.

Capítulo 8

HIDROCARBUROS

Lo verdaderamente notable de la naturaleza
es que el carácter del universo entero dependa
de la posición de un nivel de energía concreto
en un núcleo atómico concreto (Carbono-12; 7,82 MeV)...
Y eso marca toda la diferencia en el mundo.

Richard Feynman
Físico. Premio Nobel.

Son compuestos formados solamente por carbono e hidrógeno. Si la estructura de la cadena no presenta dobles o triples enlaces se denominan *hidrocarburos saturados*, si presenta alguno enlace múltiple se habla de *hidrocarburos insaturados*.

En cualquier caso, el átomo de carbono puede formar cuatro enlaces covalente y el átomo de hidrógeno solo un enlace.

8.1. ALCANOS

Son los hidrocarburos más sencillos. Principalmente se obtienen de la destilación del petróleo. La fórmula molecular para un alcano lineal responde a C_nH_{2n+2}, donde n representa el número de átomos de carbono de la molécula.

Su nomenclatura viene dada por un prefijo griego que marca el número de átomos de carbono que contiene la cadena principal (subrayado en la siguiente tabla), y seguidamente, por la terminación ***-ano***. Los cuatro primeros términos de la serie tienen nombres particulares y son gases a temperatura y presión estándar. Si la cadena presenta más de 16 átomos de carbono la molécula se encuentra en estado sólido.

NOMBRES Y FÓRMULAS DE LOS PRIMEROS HIDROCARBUROS SATURADOS

Metano	CH_4
Etano	CH_3-CH_3
Propano	$CH_3-CH_2-CH_3$
Butano	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$
Pentano	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
Hexano	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
Heptano	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
Octano	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
Nonano	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
Decano	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

Tabla 8.1: Tabla de prefijos (subrayado) correspondientes al número de átomos de carbono de la cadena principal.

8.1.1. ALCANOS RAMIFICADOS

Cuando se sustituye un hidrógeno de la cadena principal por una otra cadena hidrocarbonatada se obtienen los alcanos ramificados. Las ramificaciones se nombran igual que el hidrocarburo del que provienen pero sustituyendo el sufijo *-ano* por ***-ilo***.

CH_3-R	CH_3-CH_2-R	$CH_3-CH_2-CH_2-R$
metilo	etilo	propilo

Existen radicales con nombres más específicos,

$(CH_3)_2CH-R$	$CH_2=CH-R$	$CH\equiv C-R$
isopropilo	vinilo	etinilo

Para nombrar un hidrocarburo saturado con ramificaciones hay que seguir las siguientes reglas:

1. Se elige como cadena principal la cadena más larga.
2. Se enumera la cadena principal desde un extremo a otro de forma que los localizadores más bajos se asignen a los carbonos sustituidos.
3. Se nombran los sustituyentes por orden alfabético, cambiando la terminación *-ilo* por ***-il***, poniendo delante de cada uno su localizador y separado por guiones. Finalmente se nombra la cadena principal.

4. Si hubiera varios radicales iguales, se agrupan con los prefijos di-, tri-,. . .. En este caso, los localizadores se ponen entre comas y los prefijos no cuentan en el orden alfabético.

$$\begin{array}{ccccccccccccc} 7 & & 6 & & 5 & & 4 & & 3 & & 2 & & 1 \\ CH_3 & - & CH_2 & - & CH_2 & - & CH & - & CH & - & CH_2 & - & CH_3 \\ & & & & & & | & & | & & & & \\ & & & & & & CH_2 & & CH_3 & & & & \\ & & & & & & | & & & & & & \\ & & & & & & CH_3 & & & & & & \end{array}$$

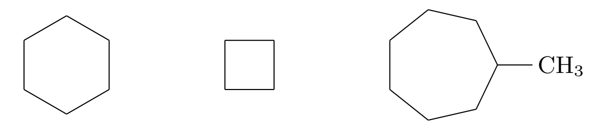
4-etil-3-metilheptano

$$\begin{array}{ccccccccc} 1 & & 2 & & 3 & & 4 & & 5 \\ CH_3 & - & CH & - & CH & - & CH_2 & - & CH_3 \\ & & | & & | & & & & \\ & & CH_3 & & CH_3 & & & & \end{array}$$

2,3-dimetilpentano

8.1.2. ALCANOS CÍCLICOS

Los alcanos cíclicos se nombran de igual manera pero anteponiendo el prefijo **ciclo**. En los compuestos cíclicos la fórmula es siempre geométrica. El primer ciclo que se puede formar es el tres átomos de carbono.



ciclohexano ciclobutano metilcicloheptano

8.2. ALQUENOS

Los alquenos tienen al menos un doble enlace carbono-carbono en su estructura. Ambos carbonos no pueden rotar sobre si mismos debidos al doble enlace; además, junto con sus sustituyentes, ambos se encuentran en el mismo plano formando los enlaces ángulos de 120°.

La nomenclatura es igual que en los alcanos pero el sufijo utilizado pasa de ser -*ano* a ***-eno***. Antes de la terminación, hay que indicar mediante el localizador numérico donde se encuentran los doble enlaces. La fórmula molecular para los alquenos acíclicos es C_nH_{2n}, siendo n el número de átomos de carbono de la cadena principal.

La cadena se debe numerar de forma que queden los localizadores más bajos a los dobles enlaces. Cuando una molécula contiene más de un doble enlace se nombran como **-dienos**, **-trienos**,. . . ,

según existan dos dobles o tres dobles enlaces en la cadena principal respectivamente. Cuando actúan como radicales el sufijo será ***-enilo***.

$CH_3 - CH = CH - CH_2 - CH_3$ — pent-**2-eno**

$CH_2 = CH - CH_3$ — prop**eno**

$CH_2 = CH - CH = CH_2$ — buta**-1,3-dieno**

Que se nombre con la raíz *but-* o *buta-* responde tan solo a que tengamos a continuación una vocal o una consonante respectivamente.

8.2.1. ALQUENOS RAMIFICADOS

Se toma como cadena principal la que contenga el doble enlace aunque no sea la más larga y se numera por el extremo más cercano al doble enlace.

$$\overset{7}{C}H_3 - \overset{6}{C}H_2 - \overset{5}{C}H_2 - \overset{4}{C}H(CH_2 - CH_3) - \overset{3}{C}(CH_3) = \overset{2}{C}H - \overset{1}{C}H_3$$

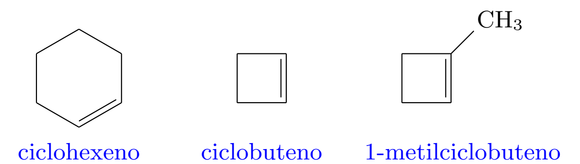
4-etil-3-metilhept**-2-eno**

$$\overset{1}{C}H_2 = \overset{2}{C}(CH_3) - \overset{3}{C}H_2 - \overset{4}{C}H_2 - \overset{5}{C}H_3$$

2-metilpent**-1-eno**

8.2.2. ALQUENOS CICLICOS

Se nombran igual que los alquenos de cadena lineal pero anteponiendo el sufijo **ciclo**. En ellos aparece debe aparecer, al menos un doble enlace en el anillo.



ciclohexeno   ciclobuteno   1-metilciclobuteno

8.3. ALQUINOS

Los alquinos son hidrocarburos insaturados que presentan, como mínimo, un triple enlace carbobo-carbono en su estructura. Los carbonos que están enlazados mediante triple enlace presentan una geometría lineal. La nomenclatura contiene el sufijo ***-ino***. La fórmula molecular de los alquinos de cadena abierta es C_nH_{2n-2}, siendo n el número de átomos de carbono de la cadena principal.

La cadena se debe numerar de forma que queden los localizadores más bajos a los triples enlaces. Pueden existir **-diinos**, **-triinos**,. . . , si existen dos triples enlaces o tres en la cadena principal. Cuando actuan como radicales el sufijo será ***-inilo***.

$CH_3 - C \equiv C - CH_2 - CH_3$ — pent**-2-ino**

$HC \equiv C - CH_2 - CH_3$ — but**-1-ino**

$HC \equiv C - C \equiv CH$ — buta**diino**

8.3.1. ALQUINOS RAMIFICADOS

Se toma como cadena principal la que contenga el doble enlace aunque no sea la más larga y se numera por el extremos más cercano al triple enlace.

$$\overset{6}{CH_3} - \overset{5}{CH_2} - \overset{4}{CH}(CH_2-CH_3) - \overset{3}{C} \equiv \overset{2}{C} - \overset{1}{CH_3}$$

4-etilhex-**2-ino**

$$\overset{1}{HC} \equiv \overset{2}{C} - \overset{3}{CH_2} - \overset{4}{CH}(CH_3) - \overset{5}{CH_3}$$

4-metilpent-**1-ino**

8.4. HIDROCARBUROS CON MÚLTIPLES INSATURACIONES

Una molécula orgánica puede contener distintos tipos de insaturaciones. Cuando ocurre esto, deben nombrarse primero los dobles enlaces y después los triples, quedando de la forma ***x-en-y-ino*** e indicando con los localizadores, x e y, donde se encuentra cada uno en la molécula. Si hubiera más de un doble o triple enlace se añadirían los prefijos *di-* o *tri-*.
Para realizar la nomenclatura de estos hidrocarburos hay que seguir las siguientes reglas:

1. **Cadena Principal**:
   a) La cadena principal es la de mayor número de insaturaciones.
   b) En caso de igualdad, la principal es la de mayor longitud.
   c) Si continua la igualdad, será la de mayor número de dobles enlaces.
   d) Si persiste la igualdad, la que asigna localizadores más bajos a las insaturaciones.
   e) Por último, la cadena principal sería aquella que asignará localizadores más bajos a los dobles enlace.
2. **Localizadores**:
   a) Los localizadores más bajos deben de recaer sobre las insaturaciones.
   b) A igualdad, los localizadores más bajos deberían reacer sobre los dobles enlaces.
   c) Si persistiera el empate, los localizadores menores recaerían sobre los radicales alquílicos.
   d) Por ultimo, centrándonos en los radicales alquílicos, daríamos los más bajos por orden alfabético.

La cadena principal es aquella que contenga el mayor número de insaturaciones.

$$CH_3 - C \equiv C - CH = CH_2$$

pent-**1-en-3-ino**

$$HC \equiv C - CH = CH_2$$

but-**1-en-3-ino**

$$CH \equiv C - CH_2 - CH_2 - CH = CH - C \equiv CH$$

oct-**3-en**-1,7-**diino**

Cuando el radical sea complejo, es decir, tiene a su vez ramificaciones o alguna insaturación, se coloca la expresión completa de la cadena lateral entre paréntesis para distinguirlos de la cadena principal (también puede indicarse con números primados la ramificación de la cadena lateral). El carbono de la cadena lateral unido a la cadena principal se le asigna el localizador número uno.

$$CH \equiv C - CH(CH_2 - CH(CH_3) - CH_2 - CH_2 - CH_2) - CH_2 - CH = CH - C \equiv CH$$

6-(2-metilpentil)-oct-**3-en-1,7-diino**

8.5. HIDROCARBUROS AROMÁTICOS

Son hidrocarburos cíclicos derivados del benceno. El benceno es un producto base de la industria química, se emplea en la fabricación de plásticos, explosivos o colorantes. Es un compuesto cíclico formado por seis átomos de carbono que presenta dobles enlaces alternados, su fórmula molecular responde a C_6H_6. Experimentalmente se ha observado que los tres dobles enlaces están deslocalizados en la molécula obteniendo las mismas distancias interatómicas y una gran estabilidad molecular.

H H H H H H

benceno

benceno

Para nombrarlos se toman las cadenas laterales como sustituyentes y al benceno como estructura principal.

CH_3 CH_2 CH_3

metilbenceno (tolueno)

etilbenceno

naftaleno

Cuando existen dos sustituyentes en el anillo podemos indicar su posición mediante numeración o con las letras itálicas **orto-**, **meta-** y **para-** para indicar posiciones 1,2-, 1,3- o 1,4-. Los sustituyentes, como siempre, se nombran por orden alfabético.

CH_3 CH_3 — *o*-dimetilbenceno

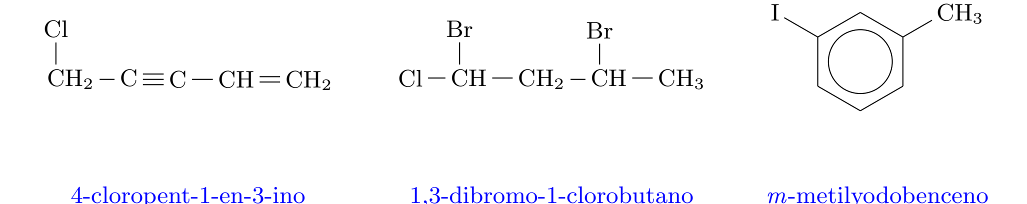
CH_3 CH_2 CH_3 — *m*-etilmetilbenceno

CH_3 CH_3 — *p*-dimetilbenceno

8.6. DERIVADOS HALOGENADOS

Cuando a un hidrocarburo se le sustituye uno o más hidrógenos de la cadena carbonatada por uno o más halógenos tenemos un derivado halogenado. Aunque es un grupo funcional, queda relegado al último en orden de preferencia funcional.

La nomenclatura es idéntica al hidrocarburo del que proviene pero debe anteponerse el prefijo **fluoro-**, **cloro-**, **bromo-** y **yodo-**. Los halógenos tienen la misma preferencia que los radicales alquilo a la hora de asignar los correspondientes localizadores a los carbonos. Si hubiera más de un mismo halógeno se utilizan los prefijos **di-**, **tri-**, . . . , pero no hay que tenerlos en cuenta al citarlos por orden de preferencia.



4-cloropent-1-en-3-ino

1,3-dibromo-1-clorobutano

m-metilyodobenceno

Capítulo 9

COMPUESTOS OXIGENADOS

En la vida no existe nada que temer,
solo cosas que comprender.

Marie Curie
Física y Química.

La presencia del átomo de oxigeno en una cadena carbonatada implica un mayor grado en la polaridad de la molécula orgánica y por tanto, un punto reactivo.

Existen grupos que se caracterizan por poseer enlaces sencillos carbono oxigeno como son los alcoholes, fenoles y los éteres, y otros, como los aldehídos o las cetonas que presentan un enlace doble entre el carbono y el oxígeno. Cuando un carbono presenta un enlace doble al oxígeno se conoce con el nombre de *carbono o grupo carbonilo*.

Los ácidos o los ésteres tienen un *carbono carboxílico* que presenta un enlace doble a un oxígeno y un enlace sencillo a otro átomo de oxígeno distinto.

9.1. ALCOHOLES

Los alcoholes presentan un *grupo hidroxilo*, ***-OH***, enlazado a un carbono de la cadena carbonatada. El nombre del alcohol deriva del hidrocarburo correspondiente en el que cambia la terminación por **-ol**. Si existe más de una función alcohólica la terminación sería **-diol**, **-triol**,. . . .

$$CH_3-CH_2-\underset{}{\overset{OH}{\overset{|}{C}H}}-CH_3$$

butan-2-ol

$$OH-\overset{OH}{\overset{|}{C}H}-CH_2-\overset{OH}{\overset{|}{C}H}-CH_3$$

butano-1,1,3-triol

$$CH_2 = CH_2 - \overset{\displaystyle OH}{\overset{|}{CH}} - C \equiv C - CH = CH_2$$

hepta-1,6-dien-4-in-3-ol

9.1.1. FENOLES

Los fenoles son aquellos compuestos donde el grupo alcohólico aparece unido a un carbono de un anillo aromático. Se nombran de igual manera que los alcoholes, es decir, utilizando la terminación **-ol** sobre el anillo correspondiente. Como excepción cabe decir, que si sólo existe un grupo hidroxilo, se nombran derivados del nombre no sistemático que da nombre al grupo, fenol.

OH OH OH OH
OH CH_3 CH_3
Cl

fenol benceno-1,2-diol *o*-metilfenol 3-cloro-2-metilfenol

9.2. ÉTERES

Son derivados de los alcoholes en los que se sustituye el hidrógeno del grupo hidroxilo por otra cadena carbonatada, R_1-O-R_2.

La IUPAC admite dos nomenclaturas distintas para estos compuestos. En la primera se nombran los dos grupos de forma radical teniendo en cuenta el orden alfabético y seguidamente la palabra **eter**. En la segunda nomenclatura se escoge como sustituyente el radical más pequeño unido al oxígeno y se añade la terminación **-oxi**, después vendría el nombre del hidrocarburo principal (el más largo).

$CH_3 - CH_2 - O - CH_3$ $CH_3 - CH_2 - O - CH_2 - CH_3$

etil metil éter dietil éter

$O - CH_3$

$CH_3 - CH_2 - CH_2 - O - CH_3$

metoxi propano metoxi benceno

9.3. CETONAS

Las cetonas y los aldehídos presentan un grupo carbonilo (C=O), es decir, un carbono con doble enlace al oxígeno. La diferencia entre los dos grupos es que las cetonas tienen el grupo carbonilo

dentro de la cadena y los aldehídos en el extremo.

Para nombrar las cetonas se cambia la terminación del hidrocarburo *-o* por **-ona**. Debe de asignarse el menor localizador al carbono carbonilo.

$CH_3-CH_2-C(=O)-CH_3$

butanona

$CH_3-CH_2-C(=O)-CH_2-CH_3$

pentan-3-ona

$CH_2=CH-CH(CH_3)-C(=O)-CH_3$

3-metilpent-4-en-2-ona

ciclohexanona

9.4. ALDEHÍDOS

Como hemos visto el grupo carbonilo se encuentra en posición final de la cadena lineal. Esto implica que el carbono que tiene el grupo será el carbono con localizador número uno.

Los aldehídos se nombran añadiendo el sufijo **-al** al hidrocarburo del que proceden. Como máximo en la cadena principal pueden existir dos aldehídos, lo que daría lugar a un **-dial**.

CH_3-CH_2-CHO

propanal

$OHC-CH_2-CH(Cl)-CH_2-CHO$

3-cloropentanodial

$CH_2=CH-CH(CH_3)-CHO$

2-metilbut-3-enal

C_6H_5-CHO

benzaldehido

9.5. ÁCIDOS CARBOXÍLICOS

El grupo carboxílico es el $(-COOH)$ y como podemos observar, puesto que los carbonos sólo pueden tener cuatro enlaces, tienen que encontrarse en los extremos de la cadena.

Para nombrarlos, primero se nombra la palabra **Ácido** y después el nombre del hidrocarburo del que proceden con la terminación **-oico**. Si hubiera dos grupos carboxílicos se nombrarían como **-dioicos**.

$H-C(=O)-OH$ ácido metanoico

$H-C(=O)-CH_2-CH_2-CH_2-C(=O)-OH$ ácido pentanodioico

$CH_3-C(=O)-OH$ A. etanoico (A. acético)

$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-C(=O)-OH$ ácido-3-metilbutanoico

$C_6H_5-C(=O)-OH$ ácido benzoico (ácido bencenocarboxílico)

9.5.1. HALUROS DE ÁCIDO

Un haluro de ácido o haluro de acilo deriva de un ácido al que se sustituye el grupo hidróxido por un halógeno. El nombre del grupo se deriva del ácido carboxílico reemplazando la terminación *-oico* por ***-oilo***.

$CH_3-C(=O)-Cl$ cloruro de acetilo

$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-C(=O)-Br$ bromuro de 3-metilbutanoilo

$C_6H_4(I)-C(=O)-Cl$ cloruro de 2-yodobenzoilo

9.5.2. ANHÍDRIDOS

Tantos los anhídridos de cadena abierta como los de cadena cerrada de ácidos dicarboxílicos se nombran cambiando la palabra ácido por anhídrido.

$CH_3-C(=O)-O-C(=O)-CH_3$ anhídrido acético

$CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-O-C(=O)-CH_3$ anhídrido acético butanoico

9.5.3. ÉSTERES

Son compuestos derivados de los ácidos carboxílicos donde el hidrógeno del grupo hidroxilo se ha sustituido por un grupo alquílico.

Para nombrarlos se elimina la palabra ácido y se sustituye la terminación *-oico* por ***-oato***, posteriormente se nombra el grupo radicálico.

$$CH_3 - C(=O) - O - CH_3$$

etanoato de metilo

$$CH_3 - CH_2 - C(=O) - O - CH_2 - CH_3$$

propanoato de etilo

$$H - C(=O) - O - CH(CH_3) - CH_3$$

metanoato de isopropilo

$$CH_3 - CH(CH_3) - CH_2 - C(=O) - O - C_6H_5$$

propanoato de fenilo

Capítulo 10

COMPUESTOS NITROGENADOS

Una investigación básica de calidad
es fundamental para un posterior desarrollo,
porque de ella saldrán resultados no previsibles a priori.

Margarita Salas
Bioquímica.

El segundo elemento que forma más compuestos con las cadenas carbonatadas es el nitrógeno. Es cierto que aparecen como derivados de compuestos orgánicos pero su presencia da lugar a unas moléculas que son imprescindibles para los seres vivos, los aminoácidos.

Nos centraremos en tres grupos funcionales, las *aminas* que provienen del amoniaco, las *amidas* que son derivados de los ácidos carboxílicos y los *nitrilos*, que derivan de su ácido inorgánico principal, el ácido cianhídrico.

10.1. AMINAS

Se consideran derivados del amoniaco, NH_3. sobre él se pueden sustituir uno, dos o tres átomos de hidrógeno por cadenas carbonatadas, de esta manera, aparecen respectivamente, las aminas primarias, secundarias o terciarias.

Para nombrarlas se pospone la palabra ***amina*** a los nombres de de los radicales sustituyentes. Si hubiera alguno repetido, se utilizan los prefijos numerales **di-**, **tri-**, ... Debe de tenerse en cuanta dos cosas, primero que deben nombrarse por orden alfabético y segundo, que hay que indicar como se enlazan los sustituyentes al nitrógeno. Para ello, en vez de utilizar localizadores numerales se utiliza la letra ***N*** mayúscula.

Las aminas secundarias y terciarias con sustituyentes diferentes se nombran como derivadas de la amina primaria de cadena más larga.

$CH_3-CH_2-NH_2$ — etilamina

$CH_3-N-CH_2-CH_3$ — N-metiletilamina

$CH_3-N(CH_2-CH_3)-CH_2-CH_2-CH_3$ — N-etil-N-metilpropilamina

NH2 (benceno) — fenilamina (anilina)

NH2 (ciclohexano) — ciclohexilamina

10.2. AMIDAS

Se consideran derivados de los ácidos carboxílicos al sustituir el grupo -OH por un grupo amino **$R-NH_2$**, que a su vez puede estar sustituido como **-NHR** o **-NRR'**.

En su nomenclatura se elimina la palabra ácido y se añade como sufijo el nombre del grupo, **-amida**. Si tenemos sustituyentes que se enlazan al nitrógeno se debe de usar el localizador ***N***.

$H-C(=O)-NH_2$ — metanamida

$NH_2-C(=O)-CH_2-CH_2-C(=O)-NH_2$ — butandiamida

$CH_3-C(=O)-NH-CH_3$ — N-metiletanamida

$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-C(=O)-N(CH_3)-CH_3$ — N,N-dimetil-3-metilbutanamida

$C_6H_5-C(=O)-NH_2$ — benzamida

10.3. NITRILOS

Derivan del ácido cianhídrico HCN. En él se sustituye el hidrógeno por una cadena carbonatada. Para nombrarlos se añade el sufijo **-nitrilo** al nombre del hidrocarburo del que proceden. El grupo $-C\equiv N$ tiene una geometría lineal.

$CH_3-CH_2-C\equiv N$ propanonitrilo

$N\equiv C-CH_2-C\equiv N$ propanodinitrilo

$$CH_3-CH_2-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-C\equiv N$$

2-metil-pentanonitrilo

10.4. NITRODERIVADOS

Los derivados nitrados, al igual que los derivados halogenados, son compuestos que resultan de la sustitución de un átomo de hidrógeno de la cadena hidrocarbonatada por un grupo nitro, NO_2. No es un grupo funcional y por tanto, recibirán la menor preferencia de todos los grupos vistos en el documento, incluidos los halógenos.

Se nombran de igual forma que una ramificación pero con el prefijo **nitro-**, teniendo en cuenta su localización en la cadena y el orden alfabético de todos los sustituyentes.

$$\underset{\displaystyle NO_2}{\underset{|}{CH_2}}-C\equiv C-CH=CH_2$$

4-nitropent-1-en-3-ino

$$H-\overset{\displaystyle NO_2}{\overset{|}{\underset{\displaystyle NO_2}{\underset{|}{C}}}}-CH_2-\underset{\displaystyle NO_2}{\underset{|}{CH}}-CH_3$$

1,1,3-trinitrobutano

(Anillo bencénico con sustituyentes I, NO_2, CH_3)

3-metil-2-nitro-1-yodo-benceno

Capítulo 11

MOLÉCULAS ORGÁNICAS POLIFUNCIONALES

Si no conozco una cosa,
la investigaré.

Luis Pasteur
Químico y Microbiólogo.

Cuando la molécula contiene más de un grupo funcional oxigenado y/o nitrogenado se debe escoger la cadena principal en función de un orden de prioridad establecido, siendo el resto considerados como sustituyentes. Por tanto, hay que asignar primero un orden de prioridad y una nomenclatura especial para cuando los grupos actúen como grupo secundario.

Una vez declarada la cadena principal, los sustituyentes, al igual que en las ramificaciones, se citan por orden alfabético.

En caso de que hubiera igualdad de cadenas que contengan el grupo prioritario, se elegiría como cadena principal la que tenga más insaturaciones, después la cadena más larga y por último, la que contenga más dobles enlaces.

En cuanto a la asignación de localizadores, para la función principal debe recaer el menor. Si existieran varias posibilidades, los localizadores más bajos caerían sobre las funciones no principales.

11.1. ORDEN DE PREFERENCIA DE LOS GRUPOS FUNCIONALES

NOMBRE	GRUPO	SUFIJO Gr. Principal	PREFIJO Gr. Secundario
1. A. Carboxílicos	$R-C(=O)-OH$	Ácido R-oico	Carboxi-
2. Ésteres	$R-C(=O)-O-R'$	R-oato de R'-ilo	R-oxicarbonil-
3. Halogenuro de acilo	$R-C(=O)-X$	Halogenuro de R-oilo	Halocarbonil
4. Amidas	$R-C(=O)-NH_2$	R-amida	Carbamoil-
5. Nitrilos	$R-C\equiv N$	R-nitrilo	Ciano-
6. Aldehidos	$R-C(=O)-H$	R-al	Formil-
7. Cetonas	$R-C(=O)-R'$	R-ona	Oxo-
8. Alcoholes	$R-OH$	R-ol	Hidroxi-
9. Aminas	$R-NH_2$	R-amina	Amino-
10. Éteres	$R-O-R'$	eter	R-oxi (alcoxi)

Los dobles y triples enlaces tiene prioridad en la nomenclatura sobre los derivados halogenados (haluros de alquilo) y nitroderivados. Además, en la amida y en la amina los hidrógenos pueden ser también cadenas.

Capítulo 12

SEMINARIO QUÍMICA ORGÁNICA

Todo hombre puede ser,
si se lo propone,
escultor de su propio cerebro.

Ramón y Cajal
Médico. Premio Nobel.

12.1. HIDROCARBUROS

1. **Formula los siguientes hidrocarburos:**

   1.1) etilciclopentano

   1.2) 1,2-dietilciclobutano

   1.3) 2-metilhexano

   1.4) 5-etil-2,6-dimetilocta-2,4-dieno

   1.5) 5-metilhept-3-eno

   1.6) buta-1,3-dieno

   1.7) 3-metilpent-1-eno

   1.8) 3-propil-4,5-dietiloct-2-eno

   1.9) pent-1-en-3-ino

   1.10) oct-3-en-1,7-diino

   1.11) 5-(1,2-dimetilpropil)-4-etil-3-metilnonano

   1.12) metilciclopropano

1.13) eteno (vinilo)

1.14) 2,2-dimetilhex-3-eno

1.15) 6-metil-6-pentilnona-2,4,7-trieno

1.16) hexa-1,3,5-trieno

1.17) etino (acetileno)

1.18) 1-metilciclobuteno

1.19) 4-etil-3,3-dimetilhex-1-ino

1.20) butadiino

1.21) 3,4-dimetilpent-1-ino

1.22) deca-5,7-dien-2-ino

1.23) 3-butilhex-3-en-1,5-diino

1.24) dec-2-en-4,6-diino

1.25) metilbenceno

1.26) nitrobenceno

1.27) *o*-etilpropilbenceno

1.28) *p*-dimetilbenceno

1.29) 2,4-dimetil-1-propilbenceno

1.30) *m*-etilvinilbenceno

2. **Nombra los siguientes hidrocarburos:**

2.1)
$$\begin{array}{cccccc} & CH_3 & & & & \\ & | & & & & \\ CH_3 - & CH - & CH - & CH_2 - & CH_2 - & CH_3 \\ & & | & & & \\ & & CH_2 - CH_3 & & & \end{array}$$

2.2)
$$\begin{array}{ccccc} & CH_3 & & & \\ & | & & & \\ CH_3 - & CH - & CH_2 - & CH - & CH_3 \\ & | & & | & \\ & CH_3 & & CH_3 & \end{array}$$

2.3) (ciclopentano con dos sustituyentes CH_3 en carbonos adyacentes)

CH_3

CH_3

2.4)
$$\begin{array}{cccccc} CH_3 - & CH - & CH - & CH - & CH_2 - & CH_3 \\ & | & | & | & & \\ & CH_3 & CH_3 & CH_3 & & \end{array}$$

2.5)
$$\begin{array}{l} \quad\quad\ CH_2-CH_3 \quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad CH_2-CH_3 \\ CH_3-C-CH-CH_2-CH_2-CH_2-C-CH_2-CH_3 \\ \quad\quad\ CH_2\ CH_3 \quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\ CH_2-CH_3 \\ \quad\quad\ CH_3 \end{array}$$

2.6) (cyclobutane ring with substituent) CH_2-CH_3

2.7) $CH_2=CH-CH_2-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$

$$\begin{array}{l} CH_2=CH-CH_2-CH-CH-CH_2-CH_3 \\ \quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\ CH_3\ \ CH_3 \end{array}$$

2.8)
$$\begin{array}{l} CH_3-CH=C-CH=CH-CH-CH_3 \\ \quad\quad\quad\quad\quad\ CH_2-CH_3 \quad\ CH_3 \end{array}$$

2.9) (cyclobutene ring)

2.10)
$$\begin{array}{l} \quad\quad\ CH_3 \\ CH_3-C-CH=CH-CH_2-CH=CH_2 \\ \quad\quad\ CH_3 \end{array}$$

2.11)
$$\begin{array}{l} CH_3-C=C-CH_2-CH_3 \\ \quad\quad\ CH_3\ CH_3 \end{array}$$

2.12) (cyclohexene ring) CH_3 CH_3

2.13)
$$\begin{array}{l} CH_3-CH_2-CH_2-CH-C\equiv C-CH_3 \\ \quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\ CH_2-CH_3 \end{array}$$

2.14) $CH\equiv C-CH_2-CH_2-C\equiv C-CH_2-CH_3$

2.15)
$$\begin{array}{l} \quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\ CH_3 \\ CH\equiv C-CH=C-CH-CH=CH-CH_3 \\ \quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\ CH_2-CH=CH_2 \end{array}$$

2.16) $CH_3-C\equiv C-C\equiv C-C\equiv CH$

2.17) $CH \equiv C - CH = CH - CH_3$

2.18) $CH_2 = CH - CH_2 - C \equiv CH$

2.19)
$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH \equiv C - C - CH = CH - CH_3 \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

2.20) CH_3

2.21) NO_2

2.22)
$$\begin{array}{l} CH_3 - CH - CH = CH - C \equiv CH \\ \qquad\;\; | \\ \qquad\; CH_3 \end{array}$$

2.23) CH_3, $CH_2 - CH_3$

2.24) CH_3, $CH_2 - CH_3$

2.25) CH_3, $CH_2 - CH_3$, CH_3

2.26) $CH_3 - CH_2I$

2.27) $CH_3-CH=CH-CHCl-CH_3$

2.28) CH_2Cl-CH_2Cl

2.29) $CH_3-CH-CH=CH-NO_2$
$\quad\quad\quad |$
$\quad\quad\quad CH_3$

2.30) $CH_3-CH-CH_2-CH_2-NO_2$
$\quad\quad\quad |$
$\quad\quad\quad NO_2$

12.2. COMPUESTOS ORGÁNICOS MONOFUNCIONALES

1. **Formula los siguientes compuestos orgánicos:**

1.1) bromoetano
1.2) 2,2-dicloropropano
1.3) *m*-dibromobenceno
1.4) 2-bromo-1-cloro-1-fluoretano
1.5) metilpropan-1-ol
1.6) hex-4-en-1-in-3-ol
1.7) ciclobutanol
1.8) propano-1,3-diol
1.9) *m*-metilfenol
1.10) pent-4-en-1,2,3-triol
1.11) metil propil eter
1.12) etoxibutano
1.13) difenileter
1.14) ciclopentiloxibenceno
1.15) 2,2,5,5-tetrametilheptan-4-ona
1.16) hexa-1,5-dien-3-ona
1.17) but-3-en-2-ona
1.18) pent-3-in-2-ona
1.19) oct-3-en-6-inal
1.20) propanodial

1.21) 2,3,5,5-tetrametildecanal

1.22) 2,3,4-trimetilpentanal

1.23) ácido etanoico (ácido acético)

1.24) ácido bencenocarboxílico (ácido benzoico)

1.25) ácido 2-metilpent-3-enoico

1.26) ácid hept-2-en-5-inoico

1.27) ácido octa-2,5-diinodioico

1.28) 2-metilbutanoato de metilo

1.29) propanoato de isopropilo

1.30) acetato de metilo

1.31) propilamina

1.32) N-metilpropilamina

1.33) N-isopropilmetilamina

1.34) N-etil-N-metilpropilamina

1.35) difenilamina

1.36) N-etil-N-dimetilamina

1.37) butanamida

1.38) *N*,*N*-dimetilacetamida

1.39) benzamida

1.40) 2,3-dimetilheptanamida

1.41) propanonitrilo

1.42) 2-etil-butanodinitrilo

1.43) pent-4-en-2-inonitrilo

1.44) propenonitrilo

1.45) 1,3-dinitrobutano

1.46) nitrobenceno

1.47) 1,3,5-trinitrotolueno

1.48) ácido 2-ciclopropilbutanoico

1.49) ácido but-2-enoico

1.50) 2-yodobutanamida

2. **Nombra los siguientes compuestos orgánicos monofuncionales:**

2.1) $CH_3-CH_2-CH_2OH$

2.2)
$$\begin{array}{ccccccc} & & OH & & OH & & \\ & & | & & | & & \\ CH_3 & - & CH & - & CH & - & CH_3 \end{array}$$

2.3)
$$\begin{array}{ccccccccc} & & OH & & & & OH & & \\ & & | & & & & | & & \\ CH_3 & - & C & - & CH & - & C & - & CH_2OH \\ & & | & & | & & | & & \\ & & CH_3 & & CH_3 & & CH_3 & & \end{array}$$

2.4) $CH{=}C - CH{=}CH - CH_2OH$

2.5) $CH_3 - C \equiv C - CH_2OH$

2.6)

OH

2.7)

OH

CH_3

2.8) $CH_3 - O - CH_2 - CH_2 - CH_3$

2.9)
$$\begin{array}{ccccccc} CH_3 & - & O & - & CH & - & CH_3 \\ & & & & | & & \\ & & & & CH_3 & & \end{array}$$

2.10)

$O - CH_2 - CH_3$

2.11) $CH_3 - O - CH{=}CH - CH_3$

2.12)
$$\begin{array}{ccccccccccc} & & & & O & & & & & & \\ & & & & \| & & & & & & \\ CH_2 & = & CH & - & C & - & CH_2 & - & CH_2 & - & CH_3 \end{array}$$

2.13)
$$\begin{array}{ccccccccccc} & & & & O & & & & & & \\ & & & & \| & & & & & & \\ CH_3 & - & CH & - & C & - & CH_2 & - & CH & - & CH_3 \\ & & | & & & & & & | & & \\ & & CH_3 & & & & & & CH_3 & & \end{array}$$

2.14)
$$\begin{array}{ccccccccccc} & & & & O & & & & O & & \\ & & & & \| & & & & \| & & \\ CH_2 & = & C & - & C & - & CH_2 & - & C & - & CH_3 \\ & & | & & & & & & & & \\ & & CH_2 - CH_2 - CH_3 & & & & & & & & \end{array}$$

2.15) $CH\equiv C-CH_2-C(=O)-CH_2-CH=CH_2$

2.16) $CH_3-C(=O)-C(=O)-C(=O)-CH_3$

2.17) $CH_2=CH-CH_2-C(=O)H$

2.18) $HC(=O)-CH_2-CH_2-C(=O)H$

2.19) $CH\equiv C-C(=O)H$

2.20) $CH_3-CH_2-CH(CH_2-CH_2-CH_3)-CH(CH_3)-CH_2-C(=O)H$

2.21) $HC(=O)-CH_2-CH_2-C\equiv C-C(=O)H$

2.22) $HC(=O)-CH=C=CH-CH_3$

2.23) $C_6H_5-C(=O)H$

2.24) $C_6H_5-C(=O)OH$

2.25) $CH_3-CH=CH-C(=O)OH$

2.26) $HOOC-CH_2-CH_2-COOH$ (each terminal C: $C(=O)(OH)$)

2.27) $CH_3-CH_2-CH_2-C\equiv C-C(=O)-OH$

2.28) $CH_3-CH=CH-C\equiv C-C(=O)-OH$

2.29) Cyclobutane ring bearing $-C(=O)-OH$

2.30) $CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-Cl$

2.31) $CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-O-CH_2-CH_3$

2.32) $CH_2=CH-CH_2-C(=O)-O-CH_3$

2.33) $CH_3-C(=O)-O-CH_3$

2.34) Benzene ring bearing $-C(=O)-O-CH_3$

2.35) $CH_3-CH_2-NH_2$

2.36) $CH_2=CH-NH_2$

2.37) $CH_3-CH(CH_3)-NH-CH_3$

2.38) $C_6H_5-NH_2$

2.39) $\begin{array}{l}CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{N}}-CH_2-CH_3\end{array}$

2.40) $\begin{array}{l}CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{N}}-CH_2-CH_2-CH_3\end{array}$

2.41) $\begin{array}{l}CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{N}}-CH_2-CH_3\end{array}$

2.42) $CH_3-CH_2-CH_2-C\begin{array}{l}\diagup\!\!\!\diagup O\\ \diagdown NH_2\end{array}$

2.43) $CH_2=CH-C\begin{array}{l}\diagup\!\!\!\diagup O\\ \diagdown NH_2\end{array}$

2.44) $CH_3-CH_2-C\begin{array}{l}\diagup\!\!\!\diagup O\\ \diagdown NH-CH_2-CH_3\end{array}$

2.45) $CH_3-CH_2-C\begin{array}{l}\diagup\!\!\!\diagup O\\ \diagdown \begin{array}{l}N-CH_3\\ |\\ CH_2\\ |\\ CH_3\end{array}\end{array}$

2.46)

$\begin{array}{c}O\quad NH_2\\ \diagdown\!\!\diagdown\ \diagup\\ C\\ |\end{array}$

2.47) $CH_3-CH_2-C\equiv N$

2.48) $N\equiv C-CH_2-CH_2-C\equiv N$

2.49) $CH_2=CH-CH_2-C\equiv N$

2.50) $\begin{array}{l}CH_3-\underset{\displaystyle CH_2-CH_3}{\underset{|}{C}}=CH-C\equiv N\end{array}$

12.3. COMPUESTOS ORGÁNICOS POLIFUNCIONALES

1. **Formula los siguientes compuestos orgánicos polifuncionales:**

    1.1) ácido 2-hidroxibutanoico
    1.2) ácido 2-aminobutanoico
    1.3) 2-aminopropan-1-ol
    1.4) 2,3-diclorofenol
    1.5) 2,6-dioxoheptanal
    1.6) ácido 3-oxobutanoico
    1.7) 7-clorohept-2-enodial
    1.8) 2,4-dinitrohexan-3-ona
    1.9) but-3-in-1-ol
    1.10) ácido-3-oxopentanodial
    1.11) 2,4,6-trinitro-1-metilbenceno
    1.12) 6-hidroxi-5-metilhexan-2-ona
    1.13) pent-3-in-2-ona
    1.14) ácido 3-hidroxipentanodioico
    1.15) 2-hidroxibutanal
    1.16) ácido-2-oxobutanoico
    1.17) etoxibenceno
    1.18) ácido 2-cianopent-3-enoico
    1.19) 3-hidroxi-3-metilpent-4-enal
    1.20) ácido 3-carboxihexanodioico
    1.21) ácido 2,4,6-trioxoheptanodioico
    1.22) dietilmetoxiamina
    1.23) 2-oxobut3-enoato de isopropilo
    1.24) N-metil-N-vinil-5-oxohex-2-enamida
    1.25) 3-amino-2-etil-7-formil-6-hidroxioct-4-inoato de vinilo

2. **Nombra los siguientes compuestos orgánicos polifuncionales:**

    2.1) $CH_3-CH_2-CH(NH_2)-C(=O)OH$

2.2) $CH_3-C(=O)-CH(CH_3)-C(=O)OH$

2.3) $CH_2(OH)-CH_2-C(=O)-CH_3$

2.4) $CH_2(OH)-C(=O)H$

2.5) $CH_3-CH=CH-CH(OH)-C(=O)-C(=O)OH$

2.6) $HO(O=)C-CH_2-CHI-CHI-C(=O)OH$

2.7) $CH_3-CH(CH_3)-CH(OH)-CH_2-C(=O)NH_2$

2.8) Benzene ring with OH, NO_2 (ortho to OH), NO_2 (para to OH)

2.9) $CH_3-C(=O)-CH(OH)-CH(OH)-CH_3$

2.10) Benzene ring with $C(=O)OH$ and NO_2 (meta)

2.11) $CH_3-CH=CH-C(=O)-CH_2-C(=O)-OH$

2.12) $H-C(=O)-C(=O)-OH$

2.13) $CH_3-C(=O)-CH_2-CH(CH_2-CH_3)-C(=O)-OH$

2.14) $CH_3-CH(NH_2)-CH(CH_3)-C(=O)-OH$

2.15) $CH_3-C(=O)-C(=O)-NH_2$

2.16) $NH_2-CH_2-CH_2-CH_2-C(=O)-O-CH_2-CH_3$

2.17) $H-C(=O)-CH_2-CH_2-C(=O)-OH$

2.18) $H-C(=O)-CH_2-C(=O)-CH_3$

2.19) $CH_3-CH(NH_2)-CH_2-C(=O)-H$

2.20) $CH_2=CH-C(=O)-C(=O)-C(=O)-OH$

2.21) $C_6H_3(OH)(C(=O)-OH)(NH_2)$

2.22) $H(O{=})C-CH_2-C({=}O)-C({=}O)OH$

2.23) $H(O{=})C-C\equiv C-CH(OH)-C({=}O)-C({=}O)H$

2.24) (cyclopentene ring bearing $-C({=}O)OH$ and $-OH$ on adjacent carbons)

2.25) (benzene ring with OH, OH and NH_2 substituents)

Parte III

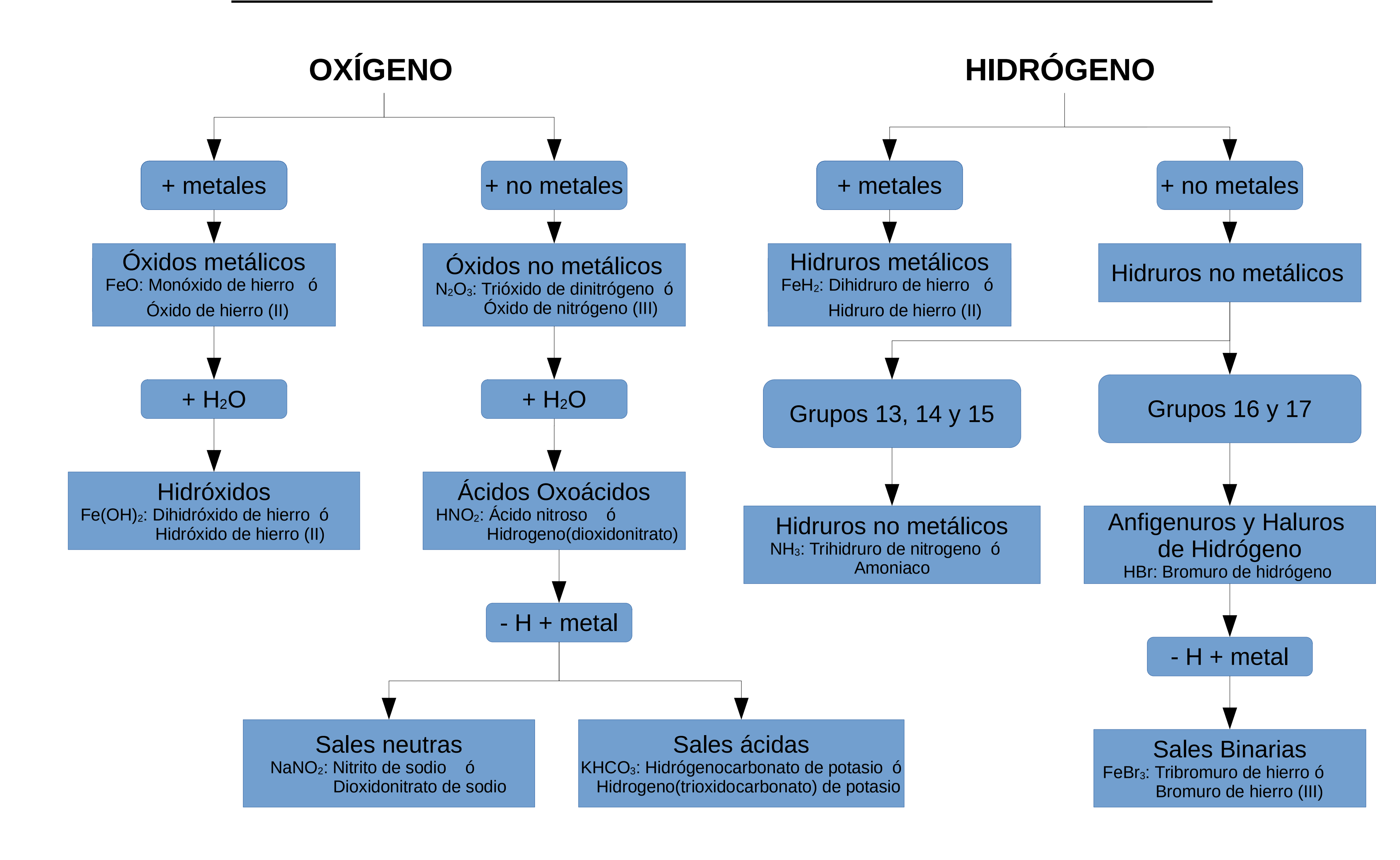
APÉNDICES

Apéndice A

MAPA CONCEPTUAL NOMENCLATURA QUÍMICA INORGÁNICA

Gracias a este mapa podemos visualizar el conjunto de grupos inorgánicos presentes en la estructura o programación de Bachillerato. Por motivos de espacio y claridad, no se han incluido los grupos correspondientes a los peróxidos ni a los haluros de oxígeno. Para entender sus propiedades y su formalismo ver las secciones 3.5 y 3.6, respectivamente.

FORMULACIÓN Y NOMENCLATURA INORGÁNICA

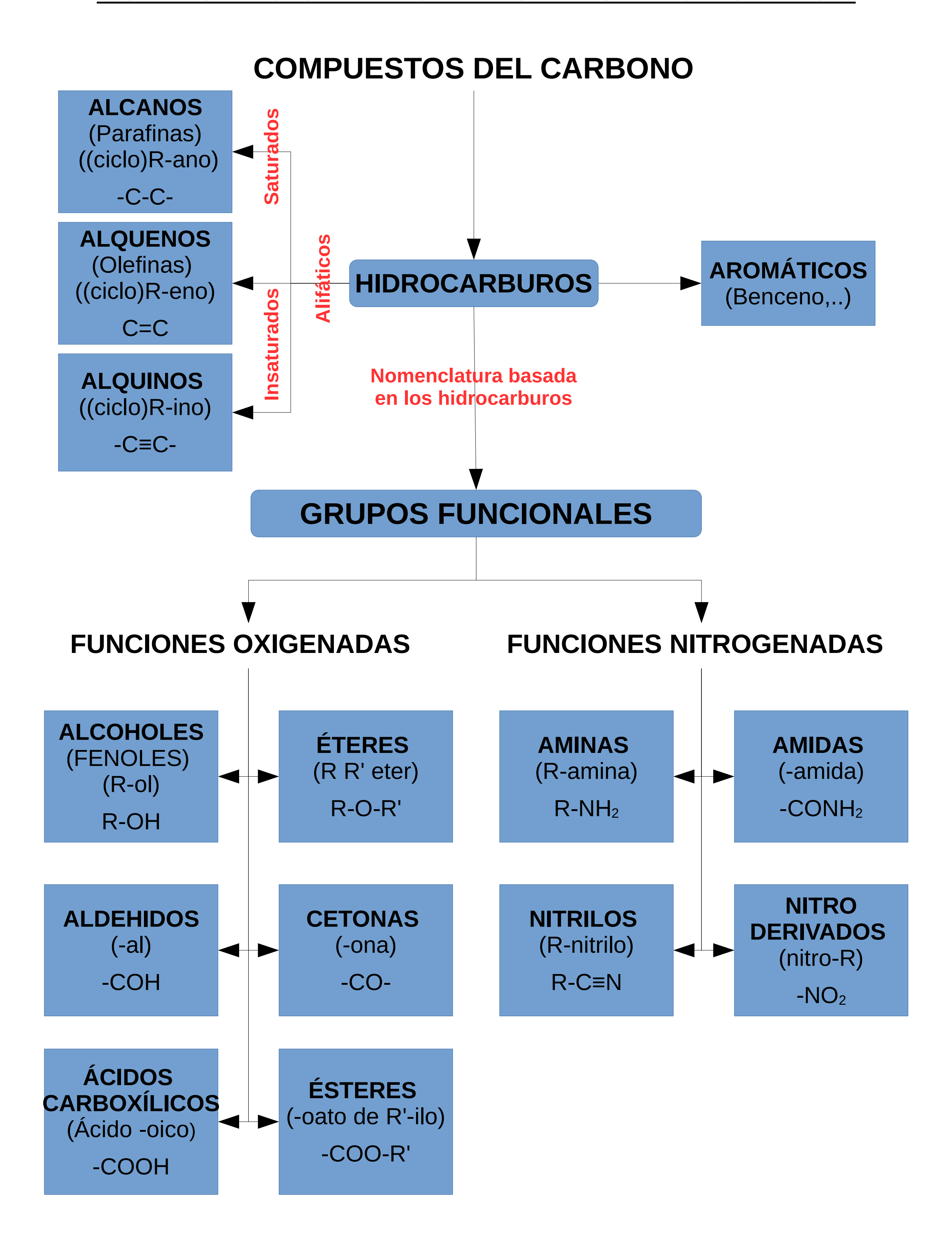


Apéndice B

MAPA CONCEPTUAL NOMENCLATURA QUÍMICA ORGÁNICA

De igual manera que en el anterior mapa conceptual, confío que con este diagrama de flujo de los grupos funcionales de química orgánica se tenga un mayor dominio de la materia.

FORMULACIÓN Y NOMENCLATURA ORGÁNICA



Apéndice C

TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS

La tabla periódica o sistema periódico es una herramienta que permite a los científicos conocer las propiedades de toda la materia conocida. En 1869, **Dmitry I. Mendeleev**, propuso la primera ordenación periódica de los elementos donde reunía los 60 elementos conocidos hasta ese momento. Actualmente esta formada por 118 elementos, 90 son de origen natural y 28 sintéticos o artificiales cuyo origen es el laboratorio. A grandes rasgos existen tres tipos de elementos, los metales, los no metales y aquellos que presentan ciertas propiedades de ambos, los llamados metaloides o semimetales.

La disposición de los elementos químicos se realiza en base a dos criterios:

a) En orden creciente del número atómico de los elementos, es decir, del número de protones que tiene cada elemento en su núcleo.

b) En base a las propiedades químicas similares de los elementos. Esta característica viene dada por la configuración electrónica de cada elemento y da lugar a su disposición en forma de matriz o de filas y columnas.

Gracias a esta secuencia, se pueden predecir distintas propiedades como el radio o volumen atómico, el potencial de ionización, la afinidad electrónica, la electronegatividad, el carácter metálico o no metálico, o incluso, el poder oxidante o reductor.

IUPAC Periodic Table of the Elements

Key:

atomic number **Symbol** name abridged standard atomic weight

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 **H** hydrogen 1.0080 ± 0.0002																	2 **He** helium 4.0026 ± 0.0001
3 **Li** lithium 6.94 ± 0.06	4 **Be** beryllium 9.0122 ± 0.0001											5 **B** boron 10.81 ± 0.02	6 **C** carbon 12.011 ± 0.002	7 **N** nitrogen 14.007 ± 0.001	8 **O** oxygen 15.999 ± 0.001	9 **F** fluorine 18.998 ± 0.001	10 **Ne** neon 20.180 ± 0.001
11 **Na** sodium 22.990 ± 0.001	12 **Mg** magnesium 24.305 ± 0.002											13 **Al** aluminium 26.982 ± 0.001	14 **Si** silicon 28.085 ± 0.001	15 **P** phosphorus 30.974 ± 0.001	16 **S** sulfur 32.06 ± 0.02	17 **Cl** chlorine 35.45 ± 0.01	18 **Ar** argon 39.95 ± 0.16
19 **K** potassium 39.098 ± 0.001	20 **Ca** calcium 40.078 ± 0.004	21 **Sc** scandium 44.956 ± 0.001	22 **Ti** titanium 47.867 ± 0.001	23 **V** vanadium 50.942 ± 0.001	24 **Cr** chromium 51.996 ± 0.001	25 **Mn** manganese 54.938 ± 0.001	26 **Fe** iron 55.845 ± 0.002	27 **Co** cobalt 58.933 ± 0.001	28 **Ni** nickel 58.693 ± 0.001	29 **Cu** copper 63.546 ± 0.003	30 **Zn** zinc 65.38 ± 0.02	31 **Ga** gallium 69.723 ± 0.001	32 **Ge** germanium 72.630 ± 0.008	33 **As** arsenic 74.922 ± 0.001	34 **Se** selenium 78.971 ± 0.008	35 **Br** bromine 79.904 ± 0.003	36 **Kr** krypton 83.798 ± 0.002
37 **Rb** rubidium 85.468 ± 0.001	38 **Sr** strontium 87.62 ± 0.01	39 **Y** yttrium 88.906 ± 0.001	40 **Zr** zirconium 91.224 ± 0.002	41 **Nb** niobium 92.906 ± 0.001	42 **Mo** molybdenum 95.95 ± 0.01	43 **Tc** technetium [97]	44 **Ru** ruthenium 101.07 ± 0.02	45 **Rh** rhodium 102.91 ± 0.01	46 **Pd** palladium 106.42 ± 0.01	47 **Ag** silver 107.87 ± 0.01	48 **Cd** cadmium 112.41 ± 0.01	49 **In** indium 114.82 ± 0.01	50 **Sn** tin 118.71 ± 0.01	51 **Sb** antimony 121.76 ± 0.01	52 **Te** tellurium 127.60 ± 0.03	53 **I** iodine 126.90 ± 0.01	54 **Xe** xenon 131.29 ± 0.01
55 **Cs** caesium 132.91 ± 0.01	56 **Ba** barium 137.33 ± 0.01	57-71 lanthanoids	72 **Hf** hafnium 178.49 ± 0.01	73 **Ta** tantalum 180.95 ± 0.01	74 **W** tungsten 183.84 ± 0.01	75 **Re** rhenium 186.21 ± 0.01	76 **Os** osmium 190.23 ± 0.03	77 **Ir** iridium 192.22 ± 0.01	78 **Pt** platinum 195.08 ± 0.02	79 **Au** gold 196.97 ± 0.01	80 **Hg** mercury 200.59 ± 0.01	81 **Tl** thallium 204.38 ± 0.01	82 **Pb** lead 207.2 ± 1.1	83 **Bi** bismuth 208.98 ± 0.01	84 **Po** polonium [209]	85 **At** astatine [210]	86 **Rn** radon [222]
87 **Fr** francium [223]	88 **Ra** radium [226]	89-103 actinoids	104 **Rf** rutherfordium [267]	105 **Db** dubnium [268]	106 **Sg** seaborgium [269]	107 **Bh** bohrium [270]	108 **Hs** hassium [269]	109 **Mt** meitnerium [277]	110 **Ds** darmstadtium [281]	111 **Rg** roentgenium [282]	112 **Cn** copernicium [285]	113 **Nh** nihonium [286]	114 **Fl** flerovium [290]	115 **Mc** moscovium [290]	116 **Lv** livermorium [293]	117 **Ts** tennessine [294]	118 **Og** oganesson [294]

57 **La** lanthanum 138.91 ± 0.01	58 **Ce** cerium 140.12 ± 0.01	59 **Pr** praseodymium 140.91 ± 0.01	60 **Nd** neodymium 144.24 ± 0.01	61 **Pm** promethium [145]	62 **Sm** samarium 150.36 ± 0.02	63 **Eu** europium 151.96 ± 0.01	64 **Gd** gadolinium 157.25 ± 0.03	65 **Tb** terbium 158.93 ± 0.01	66 **Dy** dysprosium 162.50 ± 0.01	67 **Ho** holmium 164.93 ± 0.01	68 **Er** erbium 167.26 ± 0.01	69 **Tm** thulium 168.93 ± 0.01	70 **Yb** ytterbium 173.05 ± 0.02	71 **Lu** lutetium 174.97 ± 0.01
89 **Ac** actinium [227]	90 **Th** thorium 232.04 ± 0.01	91 **Pa** protactinium 231.04 ± 0.01	92 **U** uranium 238.03 ± 0.01	93 **Np** neptunium [237]	94 **Pu** plutonium [244]	95 **Am** americium [243]	96 **Cm** curium [247]	97 **Bk** berkelium [247]	98 **Cf** californium [251]	99 **Es** einsteinium [252]	100 **Fm** fermium [257]	101 **Md** mendelevium [258]	102 **No** nobelium [259]	103 **Lr** lawrencium [262]



INTERNATIONAL UNION OF
PURE AND APPLIED CHEMISTRY

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 4 May 2022.

Bibliografía

[1] N.G. Conelly,T. Damhus, R. Hartshorn y A. Hutton, *Nomenclatura de Química Inorgánica. IUPAC Recomendaciones de 2005*, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2005. Versión en castellano: Ciriano, M.A.; Román, P. Prensas Universitarias de Zaragoza, 2007. ISBN 9788477339052.

[2] M.A. Ciriano,J.J. Borrás y E.J. Alcañiz, *Resumen de las normas IUPAC 2005 de nomenclatura de Química Inorgánica para su uso en enseñanza Inorgánica y Recomendaciones didácticas*, RSEQ, 2016. http://www.rseq.org.

[3] E. Quiñoa, *Nomenclatura y Representación de los compuestos Inorgánicos*, S.A. Mcgraw Hill/Interamericana de España, 2006. ISBN 9788448146252 .

[4] H.A. Favre y W.H. Powell, *Nomenclature of Organic Chemistry, IUPAC Recommendations and Preferred Names 2013*, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2013. ISBN 9780854041824.

[5] E. Quiñoa, *Nomenclatura y Representación de los compuestos Orgánicos*, S.A. Mcgraw Hill/Interamericana de España, 2005. ISBN 9788448143633.